



## UNIVERSIDADE TÉCNICA DE LISBOA – FACULDADE DE ARQUITECTURA

Título da dissertação: Arquitectura e Luz, Estratégias de Iluminação – Teatro Capitólio

Nome do aluno: Joana Correia Soares

Orientador: Professor Doutor José Afonso

Co-orientador: Professor Doutor Paulo Almeida

Mestrado: Arquitectura: Especialização em Arquitectura de Interiores

Data: Lisboa, Dezembro de 2011

### **Agradecimentos**

Ao longo deste trabalho, apesar de individual, reuniu o esforço e dedicação de várias pessoas que se viram envolvidas em todo o processo.

Ao Professor Doutor José Afonso, orientador da dissertação e projecto final, por me ter acompanhado incansavelmente nesta jornada, incentivando-me sempre a melhorar o meu trabalho, pela partilha de conhecimentos, e pelas suas contribuições valiosas ao projecto.

Ao Professor Doutor Paulo Pereira Almeida, co-orientador da dissertação e do projecto final, por me ter dado o empurrão inicial necessário para conseguir chegar até ao fim, e por toda a partilha de conhecimentos essencial para a execução deste trabalho.

Por fim, quero agradecer a toda a minha família e amigos, especialmente ao Pedro Garcia, á Diana Ferreira e á Filipa Vieira, por terem estado presentes nem sempre fisicamente, mas sempre prontos a ajudar-me e a apoiar-me no que fosse preciso.

Ao meu namorado, Francisco Menezes, e aos meus pais, por terem suportado e sofrido comigo as minhas crises existenciais ao longo de todo o curso, sempre me incentivando e apoiando, e porque sem eles este trabalho não seria possível.

A todos, o meu sincero agradecimento por terem feito parte da minha formação, e por me estimularem intelectualmente e emocionalmente.



UNIVERSIDADE TÉCNICA DE LISBOA – FACULDADE DE ARQUITECTURA

Título da dissertação: Arquitectura e Luz, Estratégias de Iluminação – Teatro Capitólio

Nome do aluno: Joana Correia Soares

Orientador: Professor Doutor José Afonso

Co-orientador: Professor Doutor Paulo Almeida

Mestrado: Arquitectura: Especialização em Arquitectura de Interiores

Data: Lisboa, Dezembro de 2011

### RESUMO

Este trabalho teve início com o projecto de reabilitação do Teatro Capitólio, e do interesse pelo estudo da iluminação artificial em edifícios de espectáculo. Como tal, ao longo do desenvolvimento do projecto, foi efectuada uma pesquisa sobre a história do edifício e do seu interesse público, e também sobre a iluminação artificial, como esta influencia o nosso dia-a-dia, e como tem vindo a evoluir ao longo dos anos.

Como auxílio a este estudo e à sua aplicação prática, foi utilizado um programa computadorizado de simulações lumínicas, *Relux*, nalguns dos espaços projectados. Foram escolhidas algumas zonas de estar do Teatro Capitólio, para efectuar estas simulações, com o objectivo de estudar e compreender quais os efeitos pretendidos e mais adequados para os espaços em questão. Através deste programa foi possível retratar o espaço a duas e a três dimensões, escolher as luminárias e as lâmpadas desejadas, para no final obter os cálculos lumínicos através de quadros, gráficos e *renders*, dando-nos a possibilidade de fazer uma escolha de iluminação mais correcta face aos objectivos de projecto.

Com este trabalho pretendeu-se estudar e propor uma concretização para a reabilitação do Teatro Capitólio, sendo de concluir que a sua reabilitação é exequível. Em simultâneo pretendeu-se dar um contributo para a melhor escolha possível de iluminação artificial para os espaços ancilares da sala de espectáculo.

PALAVRAS-CHAVE: Iluminação, Reabilitação, Teatro, Público, Espaços.



UNIVERSIDADE TÉCNICA DE LISBOA – FACULDADE DE ARQUITECTURA

Título da dissertação em inglês: Architecture and Light, lighting strategies – Teatro Capitólio

### ABSTRACT

*This work began with the rehabilitation Project of the Teatro Capitólio, and the interest in the study of artificial lighting on theater buildings. As such, throughout the development of the project, a research was made on the history of the building and its public interest, and also on artificial light, how this influences our day-to-day, and how it has evolved to over the years.*

*A lighting simulation program, Relux, was used as an aid to this study and its practical application in the desired spaces. The areas chosen in which to perform these simulations, were the living areas of the Teatro Capitólio, with the aim to study and understand which intended effects are more suitable for those spaces. This simulation software allows us to represent and render the spaces in two and three dimensions, select the desired fixtures and lamps, to eventually obtain the luminous calculation. This, through the use of tables, graphs and the above mentioned renders, giving us, thus, the possibility to make a better choice for the artificial lighting in the project.*

*The aim of this work was to study and propose a rehabilitation scheme for the Teatro Capitólio, which allowed one to conclude that such rehabilitation was feasible. Simultaneously this work pretends to give a contribution to the best possible lighting selection for the ancilliary spaces of the theater hall.*

**KEY-WORDS:** *Lighting, Rehabilitation, Theatre, Public, Spaces.*

## Índice Geral

Agradecimentos .....	I
Índice de Ilustrações .....	VI
Índice de Tabelas .....	X
Capítulo I – Introdução .....	1
Capítulo II – Enquadramento.....	3
Capítulo III – Princípios de Iluminação.....	10
III.1- Grandezas e Unidades Fotométricas.....	13
III.2 - Temperatura de Cor.....	15
III.3 - Índice de Restituição de Cor (IRC).....	16
Capítulo IV – Iluminação Artificial .....	18
Capítulo V - Tipos de Lâmpadas.....	19
V.1 – Lâmpadas Incandescentes.....	23
V.2 – Lâmpadas de Halogéneo.....	26
V.3 – Lâmpadas de Descarga .....	29
V.4 – Lâmpadas Fluorescentes.....	32
V.4.1 – Lâmpadas Fluorescentes Compactas .....	35
V.5 – Lâmpadas de Luz Mista .....	37
V.6 – Iluminação com LED ( <i>light emitting diode</i> ).....	39
V.7 – Iluminação com fibra óptica.....	41
Capítulo VI - Eficiência Energética de Lâmpadas .....	43
Capítulo VII – Relação entre eficiência energética e IRC de uma lâmpada .....	50
Capítulo VIII – Estratégias e tipos de iluminação .....	53
Capítulo IX – Tipos de Armaduras de Iluminação .....	62
Capítulo X – Avanços Tecnológicos na Iluminação .....	78
Capítulo XI – Aplicação Prática .....	87
XI.1- O Teatro Capitólio.....	90

XI.2 – Projecto de Reabilitação do Teatro Capitólio .....	94
XI.3 - Simulações com diferentes estratégias de Iluminação.....	96
Capítulo XII – Conclusão.....	114
Bibliografia .....	115
Desenhos Técnicos.....	130

## Índice de Ilustrações

Fig 1 Olho Humano (Osram) .....	4
Fig 2 Percepção Visual (Osram) .....	4
Fig 3 Luz Visível (Osram) .....	5
Fig 4 Espectro Visível (Arianepadilha) .....	6
Fig 5 Visão Humana (Caldas) .....	6
Fig 6 Propagação da Luz (olhandoacor) .....	8
Fig 7 Reflexão Regular (fisicosequimicos) .....	8
Fig 8 Reflexão Difusa (fisicosequimicos) .....	9
Fig 9 Refracção da Luz (fisicosequimicos) .....	9
Fig 10 Iluminância e Luminância (Caldas) .....	13
Fig 11 Unidades Fotométricas (Caldas) .....	14
Fig 12 Emissão de Luz (alfaconnection) .....	14
Fig 13 Temperatura de Cor (mediacollege) .....	15
Fig 14 Índice de Restituição de Cor de uma lâmpada fluorescente (Caldas) .....	16
Fig 15 Casquilho de Rosca e casquilho de Baioneta, respectivamente (ec.europa.eu) .....	22
Fig 16 Composição de uma Lâmpada Incandescente (www.prof2000.pt) .....	24
Fig 17 Formatos típicos de lâmpadas incandescentes (Guerrini, 2008) .....	25
Fig 18 Lâmpada <i>Spot</i> Incandescente (www.poupaeganha.com) .....	25
Fig 19 Lâmpada Ar - geralmente combinada com espelhos dicroicos (www.poupaeganha.com) .....	27
Fig 20 Lâmpada de Halogéneo dicroica (alessandroazuos.blogspot.com) .....	27
Fig 21 Lâmpada de Halogéneo tipo cápsula (alessandroazuos.blogspot.com) .....	28
Fig 22 Lâmpada de Halogéneo <i>PAR</i> ( <i>Parabolic Aluminized</i> ) (alessandroazuos.blogspot.com) .....	28
Fig 23 Lâmpada de Halogéneo tipo linear (alessandroazuos.blogspot.com) .....	28
Fig 24 Formas típicas de Lâmpadas de Descarga (Guerrini, 2008) .....	29
Fig 25 Lâmpada de Vapor de Sódio (Guerrini, 2008) .....	31
Fig 26 Lâmpadas de Descarga de Alta Intensidade (www.ambicare.com) .....	31
Fig 27 Composição de Lâmpada Fluorescente (www.praticandofisica.com.br) .....	33
Fig 28 Tipos de Lâmpadas Fluorescentes (www.ci.berkeley.ca.us) .....	34
Fig 29 Tipos de Lâmpadas Fluorescentes Compactas (Guerrini, 2008) .....	36
Fig 30 Lâmpada de Luz Mista (www.estv.ipv.pt) .....	38

Fig 31 Composição de um LED ( <a href="http://www.prof2000.pt">www.prof2000.pt</a> ) .....	39
Fig 32 Iluminação Interior com LED's ( <a href="http://blog.livedesignonline.com">blog.livedesignonline.com</a> ) .....	40
Fig 33 Iluminação de Fachada com LED's ( <a href="http://architectureideas.inf">architectureideas.inf</a> ) .....	40
Fig 34 Cabo de Fibra Óptica. Da esquerda para a direita: fibras; acelerador da informação; revestimento do fio; membro da força; isolamento exterior. ( <a href="http://esmf.drealentejo.pt">esmf.drealentejo.pt</a> ) .....	42
Fig 35 Iluminação com Fibra Óptica ( <a href="http://www.fibraoptica.com.br">www.fibraoptica.com.br</a> ) .....	42
Fig 36 Lâmpada Incandescente clássica ( <a href="http://casaeimoveis.uol.com.br">casaeimoveis.uol.com.br</a> ) .....	45
Fig 37 Lâmpada Incandescente de Halogéneo ( <a href="http://www.xn--eficienciaenergtica-owbk.com">www.xn--eficienciaenergtica-owbk.com</a> ) .....	46
Fig 38 Lâmpada Fluorescente Tubular ( <a href="http://www.mauser.pt">www.mauser.pt</a> ) .....	46
Fig 39 Lâmpada Fluorescente Compacta ( <a href="http://www.inovacaotecnologica.com.br">www.inovacaotecnologica.com.br</a> ) .....	46
Fig 40 Etiqueta Energética ( <a href="http://www.energiaeficiente.com.br">www.energiaeficiente.com.br</a> ) .....	48
Fig 41 Eficiência Luminosa de Lâmpadas ( <a href="http://www.coachservicos.com.br">www.coachservicos.com.br</a> ) .....	49
Fig 42 Eficiência de Lâmpadas ( <a href="http://www.yourhome.gov.au">www.yourhome.gov.au</a> ) .....	52
Fig 43 Iluminação Geral ( <a href="http://www.portalsaofrancisco.com.br">www.portalsaofrancisco.com.br</a> ) .....	54
Fig 44 Iluminação de Tarefas ( <a href="http://www.portalsaofrancisco.com.br">www.portalsaofrancisco.com.br</a> ) .....	54
Fig 45 Iluminação Combinada ( <a href="http://www.portalsaofrancisco.com.br">www.portalsaofrancisco.com.br</a> ) .....	54
Fig 46 Bloco de emergência ( <a href="http://www.templarluz.com">www.templarluz.com</a> ) .....	60
Fig 47 Normas de instalação de blocos de emergência ( <a href="http://www.templarluz.com">www.templarluz.com</a> ) .....	60
Fig 48 Iluminação rodoviária pela Phillips, Ponte Guillotière, Lyon, França ( <a href="http://www.lighting.philips.pt">www.lighting.philips.pt</a> ) .....	61
Fig 49 Esquema de tipos de armaduras .....	62
Fig 50 Classes de Isolamento ( <a href="http://paginas.fe.up.p">paginas.fe.up.p</a> ) .....	68
Fig 51 Classificação da montagem de armaduras ( <a href="http://paginas.fe.up.p">paginas.fe.up.p</a> ) .....	68
Fig 52 Luminária tipo régua de montagem ( <a href="http://www.electricol.pt">www.electricol.pt</a> ) .....	70
Fig 53 Reflector Industrial ( <a href="http://www.electricol.pt">www.electricol.pt</a> ) .....	71
Fig 54 Luminária embutida com difusor polímero opalino para lâmpada fluorescente, REKA ( <a href="http://www.reka.com.br">www.reka.com.br</a> ) .....	71
Fig 55 Exemplo de luminária com difusor prismático da SILHER ( <a href="http://www.silheriluminacion.com.ar">www.silheriluminacion.com.ar</a> ) .....	72
Fig 56 Luminária estanque tipo régua com IP 65 da Electricol ( <a href="http://www.electricol.pt">www.electricol.pt</a> ) .....	73
Fig 57 Armadura estanque com IP 67 da Hermética ( <a href="http://www.consultecasa.com.br">www.consultecasa.com.br</a> ) .....	73
Fig 58 Indicação de armadura contra perigo de fogo ou explosão ( <a href="http://paginas.fe.up.p">paginas.fe.up.p</a> ) .....	74
Fig 59 Diagrama polar com vectores (Guerrini, 2008) .....	75
Fig 60 Curva do Diagrama polar (Guerrini, 2008) .....	76
Fig 61 Eixos de simetria (Guerrini, 2008) .....	76

Fig 62 Tipos de distribuição luminosa (Guerrini, 2008) .....	76
Fig 63 Diagramas de Isocandelas (Guerrini, 2008) .....	77
Fig 64 Traçado das curvas isolux (Guerrini, 2008) .....	77
Fig 65 Composição de um OLED (electronics.howstuffworks.com) .....	79
Fig 66 OLED transparente (electronics.howstuffworks.com) .....	81
Fig 67 OLED <i>Top-emitting</i> (electronics.howstuffworks.com) .....	81
Fig 68 OLED maleável (professorakira.wordpress.com) .....	83
Fig 69 Moldura com OLED maleável (blogdoiphone.com) .....	83
Fig 70 Circuito de lâmpada de néon (www.prof2000.pt).....	84
Fig 71 Disco <i>Chair</i> , feita com fios electroluminescentes (www.meionorte.com) .....	85
Fig 72 <i>Glow Stick</i> (chemistry.about.com) .....	85
Fig 73 Grande auditório Filarmónica de Berlim (www.archdaily.com) .....	88
Fig 74 Fachada principal Filarmónica de Berlim (www.archdaily.com) .....	88
Fig 75 Teatro Capitólio (2007) (suggia.weblog.com.p) .....	90
Fig 76 Fotografia do Teatro Capitólio (2010).....	93
Fig 77 Fotografia do alçado Sul (2010) .....	93
Fig 78 Distribuição luminosa da armadura (Relux).....	97
Fig 79 Distribuição das armaduras pelo espaço (Relux) .....	97
Fig 80 Representação da Luminância por cores (cd/m <sup>2</sup> ), (Relux).....	97
Fig 81 Representação da Iluminância por cores (luxes) (Relux) .....	98
Fig 82 Representação do espaço (Relux) .....	98
Fig 83 Distribuição luminosa da 1ª luminária escolhida (Relux) .....	99
Fig 84 Distribuição luminosa da 2ª luminária escolhida (Relux) .....	99
Fig 85 Distribuição das armaduras manualmente (Relux) .....	100
Fig 86 Representação da Luminância por cores (Relux).....	100
Fig 87 Representação da Iluminância por cores (Relux) .....	100
Fig 88 Representação do espaço (Relux) .....	101
Fig 89 Distribuição luminosa da armadura (Relux).....	102
Fig 90 Distribuição das armaduras pelo espaço (Relux) .....	102
Fig 91 Representação da Luminância por cores (Relux).....	103
Fig 92 Representação da Iluminância (Relux).....	103
Fig 93 Representação do espaço (Relux) .....	103
Fig 94 Distribuição luminosa da armadura (Relux).....	104
Fig 95 Distribuição das armaduras pelo espaço (Relux) .....	105
Fig 96 Representação da Luminância por cores (Relux).....	105



Fig 97 Representação da Iluminância por cores (Relux) .....	106
Fig 98 Representação do espaço (Relux) .....	106
Fig 99 Distribuição luminosa da armadura (Relux) .....	107
Fig 100 Distribuição das armaduras pelo espaço (Relux) .....	107
Fig 101 Representação da Luminância por cores (Relux) .....	108
Fig 102 Representação da Iluminância por cores (Relux) .....	108
Fig 103 Representação do espaço (Relux) .....	109
Fig 104 Distribuição luminosa da armadura (Relux) .....	110
Fig 105 Distribuição luminosa da armadura (Relux) .....	110
Fig 106 Distribuição das armaduras no espaço (Relux) .....	110
Fig 107 Representação da Luminância (Relux) .....	111
Fig 108 Representação da Iluminância (Relux) .....	111
Fig 109 Representação do espaço (Relux) .....	112

## Índice de Tabelas

Tabela 1 Valores de Iluminância por actividade (11).....	10
Tabela 2 Índice de Restituição de Cor por lâmpadas (15).....	17
Tabela 3 Lâmpadas e sua Eficiência Luminosa .....	19
Tabela 4 Exemplos de lâmpadas e respectivos casquilhos (18) .....	22
Tabela 5 Comparação entre uma lâmpada incandescente e uma fluorescente (35) .....	49
Tabela 6 Tabela de lâmpadas e seus espaços de utilização (15) .....	55
Tabela 7 Opções de projecto .....	58
Tabela 8 Armaduras de Interior .....	63
Tabela 9 Armaduras de Exterior .....	64
Tabela 10 Classificação de armaduras pela distribuição luminosa (49) .....	64
Tabela 11 Grau de Protecção contra objectos sólidos (50) .....	66
Tabela 12 Índice de Protecção contra meios mecânicos (53) .....	67

## Capítulo I – Introdução

Este trabalho começou a desenvolver-se no início do 9º semestre do curso, iniciando-se com uma intervenção urbanística no Parque Mayer em Lisboa. Numa fase seguinte, cada aluno escolheu um edifício a reabilitar ficando assim como objecto de estudo escolhido o Teatro Capitólio. Devido ao interesse neste trabalho, decidiu-se continuar com o mesmo para a elaboração da tese final de mestrado. Não foi difícil chegar ao tema final, porque tendo este edifício uma função maioritariamente nocturna, não vive sem a luz artificial, surgindo assim o tema final apresentado: Arquitectura e Luz, Estratégias de Iluminação – Teatro Capitólio.

Esta abordagem á luz artificial é fundamentada na nossa dependência dela, graças aos progressos da tecnologia, como disse Richard Lino “(...) o conforto uma vez alcançado, torna-se uma necessidade.” (Luz e Civilização, 1969) Hoje em dia a luz artificial está muito valorizada, possibilitando inúmeras variações de efeitos, em espaços interiores e exteriores. Neste trabalho só será abordado o espaço interior de um teatro.

Pretende-se com este trabalho dar um contributo às estratégias de iluminação em espaços públicos de teatro, dando especial ênfase nas características de iluminação e assim na escolha das armaduras.

Como o espaço de teatro é de utilização predominantemente nocturna, a iluminação artificial é fundamental não só na percepção espacial como também na própria organização espacial. Por conseguinte, a visão é o sentido mais relevante, visto que é através dela que captamos a maioria da informação que nos rodeia. É através deste sentido que temos a percepção do espaço e das suas vivências. Assim, devemos ter isto em consideração para uma boa concepção de espaços interiores, criando uma boa iluminação, confortável para os seus utilizadores. (osram) A luz artificial serve não só para iluminar espaços mas também para dar destaque a certos objectos no espaço, como obras de arte e mobiliário.

Penso que este tema é muito interessante e importante para a minha formação como arquitecta, pois o arquitecto é uma figura que engloba e acarreta a responsabilidade de ter conhecimentos nas mais variadas áreas de aplicação e investigação. Sendo a luz artificial um objecto de estudo maioritariamente dos engenheiros electrotécnicos, achei importante ter alguns conhecimentos básicos nesta área, tendo assim mais conhecimentos e a possibilidade de conseguir dialogar com os engenheiros desta área.

O objecto de estudo deste trabalho limitou-se às estratégias de iluminação artificiais em espaços públicos de teatro, por este projecto ser a reabilitação do Teatro Capitólio. A

iluminação artificial já sendo um tema bastante extenso, não se focou a iluminação natural, apesar de estarem as duas intimamente ligadas, optou-se entre as duas por questões de tempo para a elaboração do trabalho. A luz artificial foi só testada nos espaços e zonas de estar, por estas terem um papel importante no bem-estar do público durante os intervalos. Não foi feito o tratamento lumínico da grande sala de espectáculos ou do palco, que apesar de serem os elementos principais deste edifício, um arquitecto não tem formação suficiente para tratar estes espaços com pormenor técnico, ficando esse trabalho inteiramente a cargo dos engenheiros electrotécnicos. A instalação eléctrica não é do conhecimento do projectista, não impedindo este de ter conhecimentos suficientes sobre o assunto para permitir um diálogo produtivo entre elementos da equipa projectista.

Depois de serem desenvolvidos os conceitos relacionados com a iluminação, apresentar-se-á o projecto final com uma memória descritiva, seguida de uma apresentação e explicação dos sistemas de iluminação utilizados. Estes serão demonstrados através de esquemas sistematizados obtidos através do programa *Relux*, com vista a enriquecer a escolha da iluminação e assim armaduras e lâmpadas. O programa *Relux* é um programa de cálculo lumínico, possibilitando através da representação bi e tridimensional dos espaços a estudar simular as características de iluminação de um conjunto de armaduras e lâmpadas, facilitando assim a sua escolha com parâmetros de avaliação mais exactos face às características de iluminação pretendidas.

Em primeiro lugar, irão abordar-se questões de electrotécnica dando alguns conceitos e definições, para no final se definirem os objectivos de projecto: qual a função do espaço, que tipo de iluminação desejamos, como a luz deverá ser distribuída pelo espaço, que tipos de luminárias, como estas irão manipular a luz, e principalmente saber conjugar correctamente as lâmpadas e respectivas potências, com as armaduras.

No final serão analisadas as características espaciais conjuntamente com o tipo de iluminação pretendido, através da utilização do programa *Relux*.

## Capítulo II – Enquadramento

A luz artificial tem uma ligação intimamente ligada á arquitectura, principalmente na projecção de interiores, pois é através dela que conseguimos perceber e vivenciar os espaços durante a noite. É assim um elemento fundamental na projecção de espaços interiores e exteriores, mas focando aqui o objecto de estudo de projecto – o Teatro Capitólio – e tratando só as zonas de estar, rapidamente entendemos que a luz artificial tem um papel fundamental na criação de espaços propícios á permanência e bem-estar do público.

Primeiramente é necessário compreender que os efeitos da luz no ser humano são vários e nem todos conhecidos. A luz pode influenciar as nossas emoções, o nosso estado de espírito, o nosso biorritmo, e até mesmo as nossas escolhas no dia-a-dia. Por exemplo, quase todos os modos de expressão artística são apreendidos por nós pela visão, logo, sem ela nem poderíamos ter noção do que é a “estética”. (Luz e Civilização, 1969)

Das teorias correntes, a mais aceite diz-nos que a luz se trata de um comprimento de onda electromagnética, capaz de produzir uma sensação visual. A sensibilidade visual para a luz varia de acordo com o comprimento de onda da radiação, e de acordo com a luminosidade. Os comprimentos de onda expressam-se em nanómetros (nm), e o olho humano apenas distingue os comprimentos entre os 400nm e os 700nm. Estas radiações electromagnéticas englobam para além da luz visível, as radiações infravermelhas, as ultravioletas, as ondas hertzianas ou eléctricas, os raios x, e os raios cósmicos. (Sacarrão, 1982)

A luz visível é, então, a radiação que é visível pelo olho humano. Esta é composta por uma onda de partículas a que se deu o nome de fotões, e os seus limites de percepção variam de pessoa para pessoa e também, nos animais variam de espécie para espécie. Por exemplo, como disse Germano da Fonseca Sacarrão (1982) no seu livro *A Ecologia da luz e da vida*, “O Homem vê as radiações vermelhas mas é cego para as violetas.” (Sacarrão, 1982)

Quanto á nossa fisiologia, apesar de ser relativamente simples a constituição do olho, este é capaz de executar várias tarefas ao mesmo tempo, tarefas estas, difíceis para equipamentos técnicos fazerem a sua correspondência.

Para facilitar esta compreensão, basta comparar o olho humano com a lente de uma câmara fotográfica, em que a retina é o filme sensível á luz, a córnea é a lente dianteira, e a íris corresponde á abertura. Ambos mudam em relação ao diâmetro para mudar a iluminação na retina ou filme. (Osram) Como forma de simplificar, podemos dizer que a

visão é o resultado da combinação do olho, um sistema óptico e neurológico, e o complexo sistema de processamento de imagem no cérebro.

A visão é assim, uma mistura de habilidades inatas e apreendidas. Imagens conhecidas são reconhecidas mais rapidamente do que as novas imagens. Ainda não há explicação completa de como os sinais e as imagens são processados e como são então integrados no nosso consciente. (Osram)

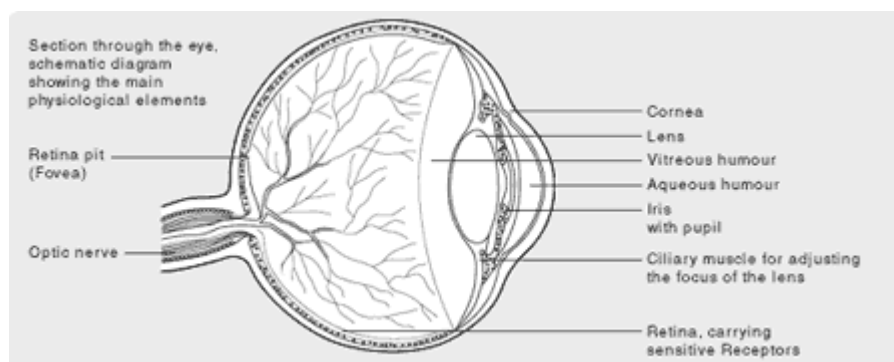


Fig 1 Olho Humano (Osram)

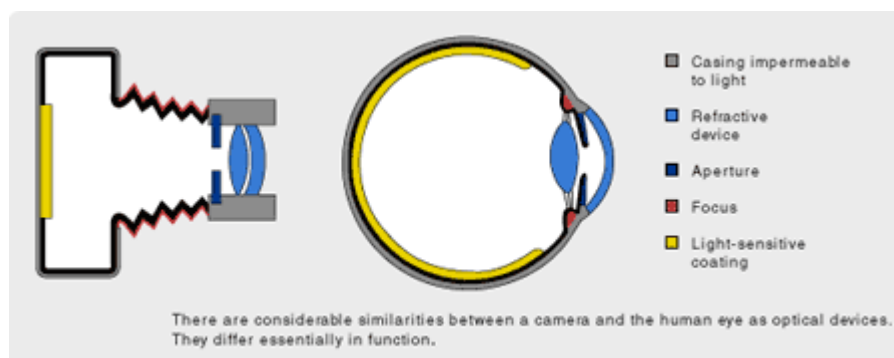


Fig 2 Percepção Visual (Osram)

A nossa visão tridimensional é possível porque temos uma estrutura binocular. Quando nos concentramos num objecto, ambos os globos oculares são direccionados para ele. Os padrões oculares que este objecto cria nas nossas retinas, são ligeiramente diferentes em cada olho por causa do ângulo e distância de captação, e o nosso cérebro

usa todas essas informações para “calcular” uma sensação de espaço, dando-nos a possibilidade de avaliar as distâncias.

Para além da percepção de profundidade dada pela visão binocular a tonalidade dos objectos pode funcionar de forma análoga. Quando observamos uma paisagem, o nosso cérebro consegue distinguir os objectos que estão mais perto dos objectos que estão mais longe, através do componente azul da luz desses objectos. Os que estão mais perto aparecem em tons mais quentes e intensos, enquanto os que se encontram mais distantes aparecem em tons de azul mais pálido.

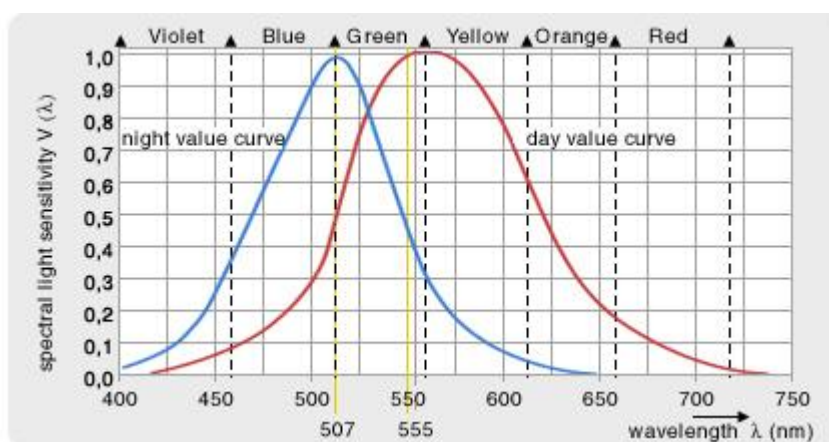


Fig 3 Luz Visível (Osram)

Outro facto a ter em conta em relação aos nossos olhos é a luz visível ou espectro visível. Esta é a porção do espectro electromagnético cuja radiação, composta por fótons, pode ser captada pelo olho humano. Esta faixa do espectro situa-se entre a radiação infravermelha e a ultravioleta. Para cada frequência da luz visível é associada uma cor que vai do vermelho ao violeta, incluindo o azul, o verde e o amarelo, sendo que o vermelho é visível nos comprimentos de onda mais longos e o violeta nos comprimentos de onda mais curtos, e estes comprimentos de onda estão compreendidos entre os 400nm e os 700nm.

Cor	Comprimento de onda	Frequência
vermelho	~ 625-740 nm	~ 480-405 THz
laranja	~ 590-625 nm	~ 510-480 THz
amarelo	~ 565-590 nm	~ 530-510 THz
verde	~ 500-565 nm	~ 600-530 THz
ciano	~ 485-500 nm	~ 620-600 THz
azul	~ 440-485 nm	~ 680-620 THz
violeta	~ 380-440 nm	~ 790-680 THz

Fig 4 Espectro Visível (Arianepadilha)

Somos capazes de distinguir cores porque o olho humano contém receptores em forma de cones que dividem a luz em três diferentes faixas espectrais. Cada cone é sensível a cada uma das três faixas de radiação, e cada uma corresponde a uma cor: vermelho, verde e azul. À medida que estes cones são activados, o cérebro consegue cobrir todas as cores do espectro, pelo processo da adição e mistura de cores.

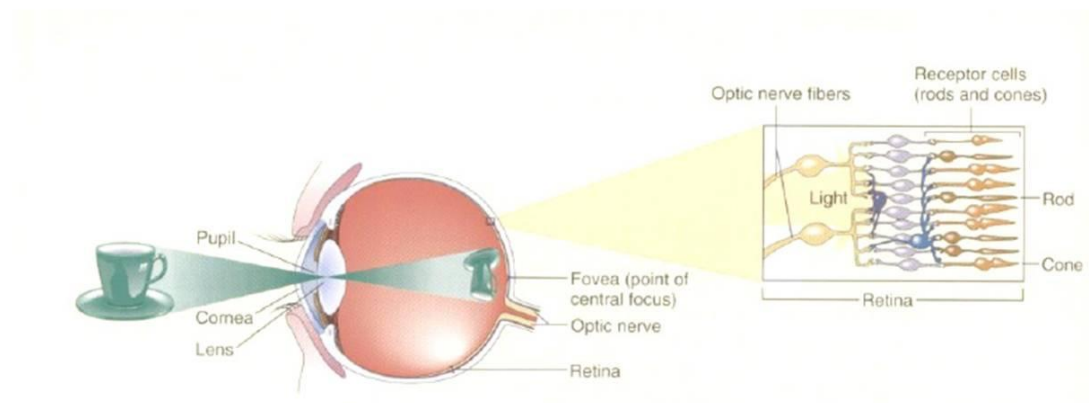


Fig 5 Visão Humana (Caldas)

A luz também é transformada através dos objectos incidentes. A este processo chama-se de propagação da luz. Por exemplo, objectos iluminados com luz directa produzem sombras profundas e zonas contrastadas, e isto também varia de acordo com o material de cada objecto, “Uma vez que a claridade da iluminação significa que uma dada



superfície está voltada para a fonte de luz, enquanto a obscuridade significa que está afastada, a distribuição de claridade ajuda a definir a orientação dos objectos no espaço.”. (Arnheim, 1995). Num objecto composto por um material opaco, a luz é absorvida e, ou reflectida. Materiais transparentes transmitem directamente a luz e materiais translúcidos difundem-na.

É importante referir aqui, a possibilidade de confusão entre a claridade produzida pela iluminação e a claridade devido ao colorido do próprio objecto, onde a primeira deve ser perceptível aos olhos do observador, conseguindo-se este feito através da escolha acertada da iluminação do espaço. Isto é conseguido com facilidade quando só é usada uma fonte de luz, mas “(...) com frequência na fotografia ou no teatro várias fontes de luz são combinadas a fim de evitar sombras excessivamente escuras.” (Arnheim, 1995) Temos portanto de conseguir, com várias fontes de luz, anular as sombras muito escuras e evitar o encadeamento do observador.

Existe ainda outro fenómeno que relaciona a intensidade da luz com a cor, que tem o nome do autor que primeiro o descreveu, Johanner E. Purkinje. Este diz que as cores mais escuras, como por exemplo o vermelho, quando estão sob uma iluminação forte, parecem-nos sempre mais claras do que são na realidade. Isto acontece porque são os cones da retina que executam a maior parte do trabalho, são responsáveis pela distinção das cores e pelos comprimentos de onda mais longos, enquanto, uma luz fraca vai realçar os verdes e os azuis, fazendo-os parecer também mais claros, porque são os bastonetes retinianos que são responsáveis pela luz dos comprimentos de onda mais curtos, mas não são sensíveis à cor. (Arnheim, 1995)



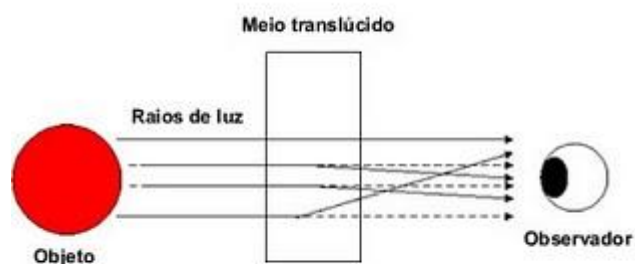


Fig 6 Propagação da Luz (olhandoacor)

Neste seguimento faz sentido falar em fenómenos da luz, e um deles é a sua reflexão. Este fenómeno acontece quando um raio de luz incide numa superfície e logo é reenviado para outro sítio, ou seja, reflectido. Existem dois tipos de reflexão: a reflexão regular, que acontece quando os raios luminosos incidem numa superfície polida e são reflectidos na mesma linha em que incidiram, sendo possível ver o seu reflexo, e a reflexão difusa ou difusão, que acontece quando a superfície incidente é rugosa e por isso reflecte os raios em direcções diferentes, já não sendo possível observar-se o reflexo.

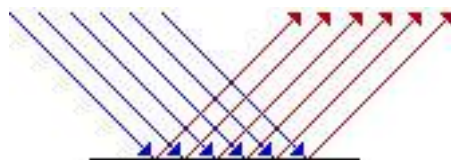


Fig 7 Reflexão Regular (físicosequímicos)

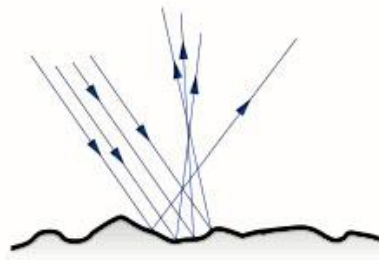


Fig 8 Reflexão Difusa (fisicosequimicos)

Outro fenómeno da luz é a sua refacção. Isto acontece quando a luz passa de um meio óptico para outro, onde a velocidade de propagação é diferente. Normalmente, quando acontece a refacção da luz, esta muda de direcção, por exemplo, quando um raio de luz entra em contacto com a água. Quando a velocidade no segundo meio é inferior á do primeiro, o raio refractado aproxima-se da velocidade normal, caso contrário afasta-se. Quando o ângulo de incidência na superfície é inferior a  $90^\circ$ , não há mudança de direcção.

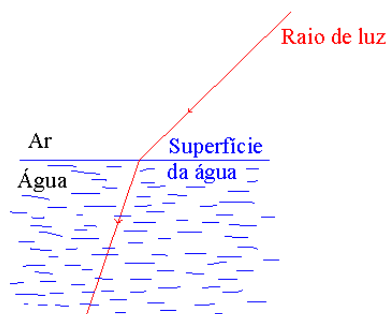


Fig 9 Refracção da Luz (fisicosequimicos)

### Capítulo III – Princípios de Iluminação

Existem muitos conceitos a ter em conta num projecto de iluminação, e por vezes a preocupação não é iluminar, mas sim controlar a luz de um certo espaço.

Presentemente, com as preocupações energéticas, dá-se grande ênfase à iluminação natural e a todos os seus benefícios para o ser humano, sendo consideradas várias técnicas de iluminação e controlo da luz. Porém, em espaços com uma utilização predominantemente nocturna a iluminação artificial ganha primazia, e face a todo o desenvolvimento tecnológico, é-nos possível a manipulação da luz de variadas formas, dependendo do espaço para que é projectada.

Em relação à luz artificial, é extremamente importante ter em conta a função do espaço que estamos a iluminar. Diferentes espaços têm necessidades lumínicas diferentes. Por exemplo, nos escritórios usam-se luzes mais brancas e com uma intensidade recomendada de 500 luxes, para adequar a luminosidade às tarefas desenvolvidas. Nos refeitórios das empresas, são também usadas luzes mais brancas, para impedir a permanência dos trabalhadores neste lugar. Num bar já acontece o contrário, usam-se luzes mais amarelas, transmitindo uma sensação de conforto, fazendo com que as pessoas permaneçam no espaço, consumindo mais.

Baseado em pesquisas realizadas com diferentes níveis de iluminação, principalmente pesquisas feitas por fabricantes de lâmpadas, os valores relativos a Iluminância foram tabelados por tipo de actividade.

Norma DIN 5035

Tabela 1 Valores de Iluminância por actividade (ISLA, 2003)

<b>Finalidade do espaço ou tipo de actividade</b>	<b>Nível médio de iluminação (lx)</b>
<ul style="list-style-type: none"><li>• Armazéns</li><li>• Passagem de pessoas e veículos em edifícios</li><li>• Vestíbulos, sanitários e balneários</li><li>• Terminais de carga e descarga</li><li>• Áreas de produção com intervenções humanas ocasionais</li><li>• Casa de caldeiras</li></ul>	100

<ul style="list-style-type: none"> <li>• Espaços de armazenamento onde são necessárias funções de leitura, expedição</li> <li>• Áreas de produção constantemente ocupadas na indústria</li> <li>• Montagem de pouca precisão, fundições</li> <li>• Construções em aço</li> <li>• Áreas de escritório com acesso ao público</li> </ul>	200
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Escritórios com secretárias próximas de janelas, salas de reuniões e de conferências</li> <li>• Sopragem de vidro, tornear, furar, fresar, montagem de menor precisão</li> <li>• Stands de feiras, secretárias de comando, salas de comando</li> <li>• Locais de venda</li> </ul>	300
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Escritórios, tratamento de dados, secretárias</li> <li>• Lixar, polir vidro, montagens de precisão</li> <li>• Montagem de sistemas de comunicação, motores de pequenas dimensões</li> <li>• Escolha de madeiras</li> <li>• Trabalho com máquinas de carpintaria/marcenaria</li> </ul>	500
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Escritórios de grandes dimensões, reflexão elevada</li> <li>• Desenho técnico (estirador)</li> <li>• Gravação e inspecção em metais</li> <li>• Áreas de inspecção (fundição)</li> <li>• Controlo de falhas (madeira, cabedal, etc.)</li> </ul>	750
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Escritórios de grandes dimensões, reflexão média</li> <li>• Análise e controlo de cores, inspecção de materiais</li> <li>• Montagem de aparelhos de precisão (eléctrica)</li> <li>• Produção de peças de joalharia, retoques, etc.</li> </ul>	1000

É um facto que, por exemplo, no caso de montras de comércio, a iluminação e respectiva Iluminância tem um papel importante. Entre duas montras de duas lojas que vendem o mesmo produto, vai ter mais clientes a loja com a melhor montra, mais atractiva, chamativa, e aqui a iluminação tem grande influência. Nos anos 50 foram feitos estudos de montras que comprovaram estes factos. A nossa percepção visual tem um papel muito importante na escolha do que nos agrada ou do que nos é confortável.

É também um facto que muitas vezes sentimos desconforto visual em espaços públicos como lojas, devido á iluminação ser muito forte, ou muito fraca, e muitas vezes é uma iluminação que produz calor, tornando insuportável a permanência na loja. Isto acontece pela má escolha da iluminação e/ou das respectivas armaduras, o que provoca um aquecimento da lâmpada e do local onde se encontra.

Nos locais de trabalho, também está comprovado que quanto melhor for a iluminação, maior será o rendimento dos funcionários, e o mesmo acontece nas nossas

casas, onde a nossa zona de trabalho tem sempre uma iluminação específica, escolhida por nós e de acordo com os nossos parâmetros de conforto. Está tabelado que o valor médio de iluminação de um local de trabalho deverá ser de 500 lux, mas é necessário ter também em atenção a distribuição uniforme do fluxo luminoso. A zona de trabalho pode conter um total de 500 lux mas estes estarem mal distribuídos, como por exemplo 100 lux numa secretária e os restantes 400 no resto da sala. Uma distribuição do fluxo luminoso não uniforme aumenta o risco de encadeamento por reflexão, pode provocar contrastes excessivos e sombras muito carregadas. Os factores que influenciam esta distribuição do fluxo luminoso são efectivamente a forma de disposição das fontes de luz (lâmpadas e respectivas armaduras), os coeficientes de reflexão das paredes, tectos, pavimentos e mobiliário, e o posicionamento dos pontos de luz relativamente às zonas de trabalho. (ISLA, 2003)

A iluminação influencia-nos assim nas nossas tarefas diárias, como por exemplo, ler um livro, ver televisão, estar ao computador, na execução de tarefas domésticas, na execução de tarefas minuciosas, entre outras, onde procuramos sempre ter uma boa iluminação, e na falta desta, sentimos cansaço visual. Cansaço este agravado pelo esforço físico da visão, e às vezes agravado pelo prolongamento destas tarefas.

Assim, é importante respeitar os níveis de Iluminância consoante o tipo de actividade, e saber conjugar isto com a escolha correcta das lâmpadas e armaduras.

Mas não se produz boa iluminação seguindo só as normas, é necessário saber conjugar isso com os parâmetros de conforto, criando espaços agradáveis e chamativos ao mesmo tempo. Como diz a Arquitecta Neide Senzi, o requisito da boa iluminação é trabalhar com a qualidade da luz, mas não é só a luz correcta que atende a normas, porque isso não significa necessariamente boa iluminação. Também não é só criar efeitos de luz e ambientes dramáticos. O objectivo é criar espaços bem iluminados, em que podemos ver bem os objectos, realizar bem as tarefas e que ao mesmo tempo nos proporcione bem-estar. (Seminário São Paulo Light Show , 2003)

### III.1- Grandezas e Unidades Fotométricas

A iluminação é definida por algumas grandezas e conceitos, que nos ajudam a perceber-la e a calcular correctamente que quantidade de luz precisamos para cada espaço e tipo de actividade.

Um dos primeiros conceitos será o fluxo luminoso. Este representa uma potência luminosa emitida em todas as direcções, por uma fonte de luz, que é medida em lúmens (lm).

De seguida temos a Iluminância, que se trata de um fluxo luminoso (lúmen) incidente numa superfície por unidade de área ( $m^2$ ), e é medido em luxes. Este fluxo parte de uma fonte luminosa a que damos o nome de candela (cd), que contém uma certa intensidade, onde um lux corresponde á Iluminância de uma superfície plana de um metro quadrado de área, sobre a qual incide perpendicularmente um fluxo luminoso de um lúmen.

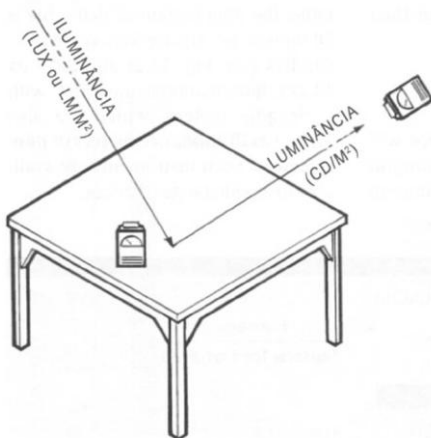


Fig 10 Iluminância e Luminância (Caldas)

#### Unidades

- |                              |                                     |
|------------------------------|-------------------------------------|
| • Intensidade luminosa – $I$ | • Candela (cd)                      |
| • Fluxo luminoso - $\Phi$    | • Lumen (lm)                        |
| • Iluminância – $E$          | • Lux (Lumen/m <sup>2</sup> )       |
|                              | Footcandle (Lumen/ft <sup>2</sup> ) |
|                              | 1 fc = 10.76 lux                    |
| • Luminância - $L$           | • Candela /m <sup>2</sup>           |

Fig 11 Unidades Fotométricas (Caldas)

O fluxo luminoso é assim, a razão entre a energia luminosa emitida por uma fonte e o tempo de emissão. A unidade de fluxo luminoso no Sistema Internacional é o lúmen. Um lúmen é o fluxo luminoso emitido no interior de um ângulo sólido de 1 esterorradiano por uma fonte de intensidade constante em todas as direcções e igual a uma candela. Este valor é-nos dado pelo fabricante do produto.

Também temos de definir a Luminância de uma fonte luminosa numa direcção. Esta é a razão entre a intensidade luminosa na direcção, e a área da fonte projectada num plano ortogonal a esta direcção.

Por último, temos a eficiência luminosa de uma fonte, que se trata da razão entre o fluxo luminoso e o fluxo energético emitido. A eficiência luminosa depende da composição da luz emitida.

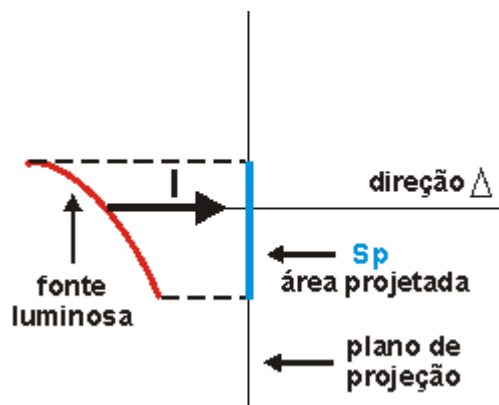


Fig 12 Emissão de Luz (alfaconnection)



### III.2 - Temperatura de Cor

A temperatura de cor é um termo utilizado para descrever a aparência da cor de uma fonte de luz, comparada com a cor emitida por um corpo negro, corpo este que irradia toda a energia que recebe. Um corpo negro muda de cor ao mudar de temperatura, existindo assim, uma relação entre a temperatura e a cor de luz emitida, expressa em graus Kelvin.

Por exemplo, uma lâmpada incandescente de tungstênio, que tem uma temperatura de cor de cerca de 2800K (baixa), é chamada de “quente”, enquanto a temperatura de cor de um céu encoberto, que é cerca de 6500K (alta), é chamada de “fria”. Concluindo, uma lâmpada fluorescente “fria” possui uma temperatura de cor superior a uma lâmpada “quente”.

As cores são assim classificadas como quentes (vermelhos, laranjas, amarelos), frias (azuis, verdes, púrpuras) ou ainda cores neutras (brancos e cinzentos). Consideramos portanto, as alterações perante a temperatura, com o aquecimento a corresponder ao vermelho e o arrefecimento ao azul, mas na realidade não tem correspondência em termos de temperatura.

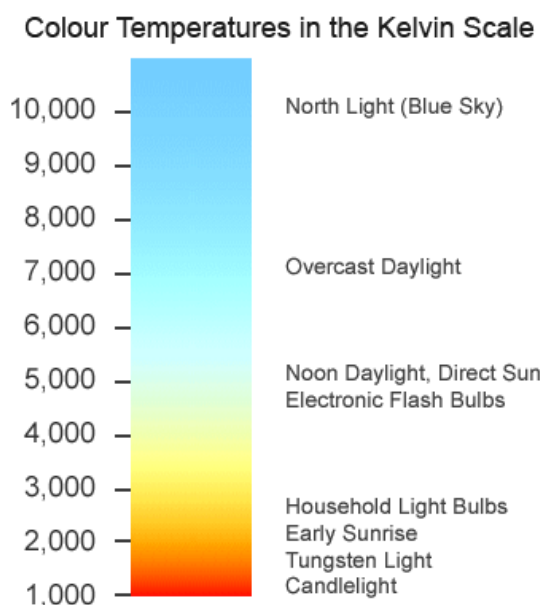


Fig 13 Temperatura de Cor (mediacollege)

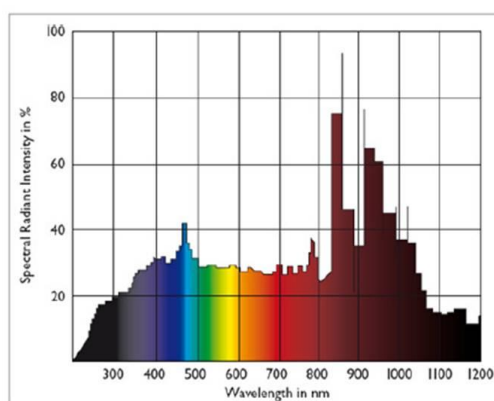
### III.3 - Índice de Restituição de Cor (IRC)

Índice de Restituição de Cor (IRC), ou *Colour Rendering Index (CRI)*, trata-se da forma como um objecto é percebido visualmente com diferentes tonalidades, quando exposto a diferentes fontes de luminosidade. Esta variação está relacionada com as várias capacidades das diferentes fontes de luz, natural e artificial, de reproduzirem as cores dos objectos.

Esta capacidade da luz de reproduzir fielmente as cores dos objectos incidentes, traduz-se no seu Índice de Restituição de Cor (IRC), em forma de uma escala qualitativa de 0 (pior) a 100 (melhor). Assim, as lâmpadas são classificadas de acordo com o seu IRC.

A reprodução de cores e o índice de restituição de cor possuem uma relação directa, isto considerando que a percepção correcta das cores ocorre quando colocamos um objecto sobre a luz natural. A luz artificial deve assim, aproximar-se o máximo possível das características da luz natural (IRC=100), à qual o olho humano está naturalmente adaptado.

Os índices variam também de acordo com o tipo de fonte de luz, e cada tipo de ambiente permite a utilização de fontes com índices diferentes, dependendo da sua finalidade. (Guerrini, 2008)



Xenon

Fig 14 Índice de Restituição de Cor de uma lâmpada fluorescente (Caldas)

Tabela 2 Índice de Restituição de Cor por lâmpadas (Guerrini, 2008)

Lâmpadas				
	K	IRC	lm/W	Vida/horas
Incandescente	2.400-3.100	100	10-20	1.000
Halogéneas	3.000	100	15-22	2.000
Vapor de mercúrio	3.000-4.000	80-85	45-75	9.000-28.000
Mista	3.000-4.100	55-60	20-35	6.000
Multivapores Metálicos	3.000-4.200	80-85	65-90	8.000
Fluorescentes				
Comum	4.000-6.100	70-85	60-82	7.500
Indução Magnética	4.000	80-89	80-110	60.000
Compactas	2.700	85-82	59-68	8.000
Sódio em alta pressão	2.000	20-39	70-130	24.000

## Capítulo IV – Iluminação Artificial

A luz artificial é aquela que é produto da acção do Homem, é a luz produzida por qualquer fonte luminosa que não a luz solar. Hoje em dia, conhecemos a luz artificial na forma de lâmpadas e suas armaduras, digamos que é a luz obtida, quando ligamos uma lâmpada, á corrente eléctrica. Há milhares de anos atrás, o Sol era a única fonte de luz na Terra, e o primeiro homem a usar o fogo como fonte de calor e luz, foi o homem-de-neandertal. Milhares de anos depois eram as lâmpadas a óleo usadas para produzir luz. O desenvolvimento da luz ao longo dos anos, está intimamente ligado á nossa compreensão e percepção dos processos físicos. (Osram)

As tochas, as velas e as lâmpadas a óleo, foram usadas até ao século XIX. Depois vieram as lâmpadas a gás, que queimavam gases ou óleos para produzir luz. O problema é que o cheiro que emanavam era extremamente desagradável e as chamas muito perigosas. Foi só no fim do século XIX, que os avanços da ciência em pesquisa de materiais nos trouxeram os filamentos de tungsténio, permitindo assim a produção de lâmpadas eléctricas em maior quantidade. As primeiras lâmpadas a utilizar electricidade foram as lâmpadas a arco voltaico. Estas foram utilizadas desde a segunda metade do século XIX até á primeira metade do século XX, na iluminação pública e ambientes. No fim do século XIX, Thomas Edison criou as primeiras lâmpadas eléctricas incandescentes, que se revelaram mais práticas para produzir luz, passando então a serem utilizadas em grande escala.

A iluminação cresceu e evoluiu em muitos campos, sendo utilizada em variadas áreas e de várias formas. Passou a ser uma disciplina, design de iluminação, onde os seus profissionais preocupam-se com vertentes como a segurança, o conforto e o factor ecológico.

Para o bom planeamento da iluminação, já existem normas industriais como as DIN, e também regulamentos locais de trabalho, que levam a uma série de resultados de iluminação uniformes. A luz perfeita, no entanto, não depende só do comprimento de normas, mas também envolve outros critérios importantes.

## Capítulo V - Tipos de Lâmpadas

Para falarmos em lâmpadas e sua utilização é necessário clarificar o conceito de eficiência luminosa. A eficiência luminosa de uma fonte de luz é o quociente entre o fluxo luminoso emitido em lúmens, pela potência consumida em Watts. Por outras palavras, esta grandeza retrata a quantidade de “luz” que uma fonte luminosa pode produzir a partir da potência eléctrica de 1 Watt. Quanto maior o valor da eficiência luminosa de uma determinada lâmpada, maior será a quantidade de luz produzida.

Dentro das lâmpadas comercialmente disponíveis no mercado, podemos classificá-las de acordo com a sua eficiência luminosa. Temos as lâmpadas incandescentes que vão de 10 a 15 lm/W, as lâmpadas de halogéneo que vão dos 15 aos 25 lm/W, as lâmpadas mistas dos 20 aos 35 lm/W, as lâmpadas de mercúrio dos 45 aos 55 lm/W, as fluorescentes tubulares, dos 55 aos 75 lm/W, as fluorescentes compactas, dos 50 aos 80 lm/W, as de vapor metálico dos 65 aos 90 lm/W, as lâmpadas de vapor de sódio, que vão dos 80 aos 140 lm/Wm e finalmente as lâmpadas LED que vão dos 110 aos 120 lm/W. (Guerrini, 2008)

A escolha de uma lâmpada será determinada pelas suas características gerais, não só pela potência (Watt) e pela eficiência luminosa (lm/Watt), mas também pelo Índice de Restituição de Cor (IRC), pela Temperatura de Cor (°K), e pela sua vida útil (horas). (Caldas)

Tabela 3 Lâmpadas e sua Eficiência Luminosa

Lâmpadas	Eficiência Luminosa
Incandescentes	10 a 15 lm/W
Halogéneo	15 a 25 lm/W
Mistas	20 a 35 lm/W
Mercúrio	45 a 55 lm/W
Fluorescentes tubulares	55 a 75 lm/W
Fluorescentes compactas	50 a 80 lm/W
Vapor metálico	65 a 90 lm/W
Vapor de sódio	80 a 140 lm/W
LED's	110/120 lm/W

Uma lâmpada é também composta por várias peças, dela podem fazer parte o balastro, o condensador, o casquilho e o arrancador. Estes seus constituintes também podem influenciar na escolha das lâmpadas, pois estes estão directamente ligados às armaduras de iluminação.

O arrancador, nas lâmpadas fluorescentes com balastro convencional, tem como função permitir o arranque da lâmpada. Este fecha a ignição do circuito eléctrico e fornece o impulso de arranque necessário. Depois disto, não participa mais no funcionamento da lâmpada. O arrancador é constituído por uma pequena ampola de vidro cheia de gás árgon a baixa pressão. No seu interior encontram-se também dois eléctrodos em que um deles está fixo e o outro é constituído por uma lâmina bimetálica, que por sua vez é composta por dois metais com diferentes coeficientes de dilatação. Este segundo eléctrodo pode dobrar-se ligeiramente pela acção do calor. Quando estes dois eléctrodos se tocam, a descarga pára e eles voltam a afastar-se para abrir o circuito. Como no circuito existe uma indutância correspondente ao balastro, a abertura deste circuito indutivo produz uma subretensão, que permite efectuar o arranque da lâmpada.

Em paralelo com estes dois eléctrodos encontra-se um condensador, cuja finalidade é a de evitar as possíveis interferências nas bandas de rádio e televisão, que o arrancador possa provocar.

Quando o arranque da lâmpada não acontece por alguma razão (pode acontecer em lâmpadas com os eléctrodos desgastados), o arrancador funciona sucessivamente, produzindo a cintilação da lâmpada e a perfuração do condensador. É então necessário substituir o arrancador e a lâmpada.

A descarga produzida no interior do arrancador, produz um aumento da temperatura da lâmina bimetálica e em consequência, a sua deformação até ficar em contacto com o eléctrodo fixo, fechando assim o circuito de aquecimento dos filamentos. Ao cessar o arco, a lâmina bimetálica arrefece e volta á sua posição inicial, abrindo bruscamente o circuito e produzindo uma subretensão devido á presença do balastro. Se os eléctrodos estiverem ainda incandescentes, esta tensão transitória é suficiente para produzir o arranque.

A escolha dos balastros, por exemplo, deve ter em atenção a necessidade de obter alto factor de potência ou não. Quando não há necessidade disso, utilizam-se balastros indutivos. Os balastros não são iguais para todas as lâmpadas, existem balastros específicos para lâmpadas de descarga, para lâmpadas fluorescentes e para lâmpadas de alta pressão.

Este dispositivo é importante porque transforma a potência líquida para a tensão de ignição exigida para o arranque das lâmpadas, e ainda limita a corrente do processo de descarga.

No caso de armaduras com uma lâmpada, podemos escolher um balastro indutivo com um condensador em paralelo, ou balastros indutivos e capacitivos alternadamente. Esta será a solução mais económica e elimina o efeito estroboscópico<sup>1</sup>.

Quando temos armaduras com duas lâmpadas utilizam-se balastros “duo”, e quando temos armaduras com três lâmpadas podemos utilizar um balastro “duo” e um balastro indutivo, ou um balastro “duo” com um balastro capacitivo, alternadamente, ou então utilizamos um balastro “duo” e um balastro de alto factor de potência.

Os balastros podem ser electromagnéticos ou electrónicos. Os electromagnéticos são constituídos por um núcleo laminado de aço silício (com baixas perdas) e bobinas de fio de cobre esmaltado. Os electrónicos são constituídos por condensadores e bobinas para alta frequência. Trabalham em altas frequências (de 20 kHz a 50 kHz), e proporcionam maior fluxo luminoso com menor potência de consumo, transformando-se assim em produtos economizadores de energia e com maior eficiência que os balastros electromagnéticos.

Nesta composição das lâmpadas é muito relevante também o formato do casquilho. Existem vários tipos e formas, conjugados com várias lâmpadas. O casquilho é uma parte metálica, normalmente de latão, preso á ampola de vidro da lâmpada por uma cola especial. A sua função é fixar a lâmpada ao suporte e assegurar simultaneamente a ligação do circuito exterior ao filamento da lâmpada. Estes têm diferentes formatos e dimensões, consoante o fim a que se destinam e consoante a potência da lâmpada.

Quanto ao formato existem dois tipos, os de rosca, que são representados pela letra “E”, e os de baioneta, que são representados pela letra “B”.

---

<sup>1</sup> “A *estroboscopia* consiste na observação de um fenómeno rápido iluminado por clarões breves de luz emitidos com uma frequência conveniente.” (paginas.fe.up.pt) Ou seja, o efeito estroboscópico é uma ilusão óptica que faz com que objectos parados nos aparentem estar em movimento. Este fenómeno é muito frequente quando se iluminam máquinas rotativas, que funcionam a uma frequência de 50Hz, com lâmpadas fluorescentes, que acendem e apagam a uma frequência de 100Hz. (ISLA, 2003)



Fig 15 Casquilho de Rosca e casquilho de Baioneta, respectivamente (ec.europa.eu)

Tabela 4 Exemplos de lâmpadas e respectivos casquilhos (ec.europa.eu)

Casquilhos	Exemplos de lâmpadas incandescentes e de halógeno	Exemplos de lâmpadas fluorescentes economizadoras correspondentes
 <b>E27</b> (casquilho grosso)		
 <b>E14</b> (casquilho fino)		
 <b>GU10</b>		
 <b>G5.3</b>		<p>Ainda não estão disponíveis no mercado lâmpadas fluorescentes economizadoras para este tipo de casquilho. Porém existem lâmpadas de halógeno, classe C, que consomem menos energia</p>
 <b>R7S</b>		<p>Ainda não estão disponíveis no mercado lâmpadas fluorescentes economizadoras para este tipo de casquilho. Porém existem lâmpadas de halógeno, classe C, que consomem menos energia</p>
 <b>G9</b>		<p>Ainda não estão disponíveis no mercado lâmpadas fluorescentes economizadoras para as lâmpadas mais pequenas. Porém existem lâmpadas de halógeno, classe C, que consomem menos energia</p> 



## V.1 – Lâmpadas Incandescentes

Como já foi aqui referido, existem hoje em dia, vários tipos de lâmpadas, mas as mais usadas e com a maior gama de aplicações são as incandescentes.

Foram introduzidas no mercado em 1907 e mais tarde aperfeiçoadas, em 1913, graças ao desenvolvimento de processos de ductilização e trefilação do tungsténio, e à utilização de gases inertes nos bolbos. Os gases inertes impedem a evaporação do filamento, aumentando o seu rendimento. Os gases utilizados são o árgon e o nitrogénio, e em lâmpadas especiais o cripton. (Guerrini, 2008)

A corrente eléctrica quando passa pelo filamento aquece-o, provocando o fenómeno da incandescência o que produz a luz. Estas lâmpadas são muito pouco económicas pois produzem mais calor do que luz, aproximadamente 90% é transformado em calor e somente 10% em luz. Por estas razões, esta lâmpada não é eficiente e foi retirada do mercado. Prevê-se a sua eliminação total em 2012. ([www.cienciahoje.pt](http://www.cienciahoje.pt))

Os filamentos das lâmpadas são enrolados em dupla ou tripla helicóide para aumentar a eficiência luminosa, com uma temperatura de cor de 2.400 K. (Guerrini, 2008)

O bolbo pode ser fosco ou tratado internamente para correcção de características ou aumento de superfície, com vista a melhorar as distribuições de Luminância. Geralmente é produzido em vidro ou em cristal de quartzo, fechado a vácuo, com potência de até 200 Watts, e a sua base é de rosca. As lâmpadas incandescentes tendem a ficar com o bolbo escuro, isto porque quando ocorre a reacção da incandescência, são libertados pelo filamento electrões, que são depois depositados no bolbo, desgastando assim o filamento e reduzindo o tempo de vida da lâmpada.

A vida média, para iluminação geral, é de 1.000 horas com eficiência média de 20 lm/W. Lâmpadas de maior eficiência, da ordem de 36 lm/W, têm vida curta, da ordem de apenas três horas.

Os casquilhos destas lâmpadas podem ser de dois tipos: tipo E (Edison), de rosca, ou tipo B (baioneta). As bitolas ou tamanhos dos casquilhos mais conhecidos são E-27, de uso domiciliário, e E-40, industrial, para potências maiores.

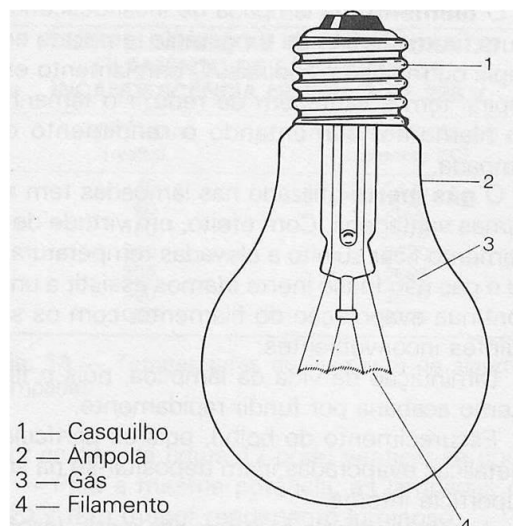


Fig 16 Composição de uma Lâmpada Incandescente ([www.prof2000.pt](http://www.prof2000.pt))

É de referir que também existem lâmpadas incandescentes anti-insectos. São de radiação infravermelha para uso em medicina, agricultura, tecnologia de alimentos, indústria de secagem e aquecimento. Normalmente são lâmpadas reflectoras com temperatura de cor na ordem de 2.400 K, e a radiação infravermelha pode ser curta (780 a 1.400 nm), média (1.400 a 3.000 nm) e longa (3.000 nm a 1nm).

Ainda dentro das lâmpadas incandescentes podemos falar em incandescentes de uso normal. Estas são as indicadas para a iluminação geral, e são usadas principalmente em residências. São também chamadas de lâmpadas de tungsténio, devido á presença deste gás no seu interior. Por isso são lâmpadas que emitem muito menos raios ultravioletas, mas aquecem muito, passando esse calor para o espaço onde se encontram, o que é desvantajoso.

Têm uma temperatura de cor de 2.700 K, e um IRC de 100%. Este facto é importante na iluminação residencial para a definição de cores.

Estas lâmpadas aceitam qualquer dispositivo auxiliar de difusão de luz, facilitando assim o seu funcionamento em qualquer posição, podendo também ter variação na intensidade luminosa, ou seja, podem ser controladas através de dispositivos eléctricos ou electrónicos, como os *dimmers*.

O *dimmer* (potenciómetro) é uma espécie de interruptor que permite variar o fluxo luminoso emitido por uma fonte de luz artificial. A sua utilização em lâmpadas que utilizam equipamentos auxiliares, está restrita às características destes equipamentos, quer sejam reactivos ou transformadores. ([www.lumearquitetura.com.br](http://www.lumearquitetura.com.br))

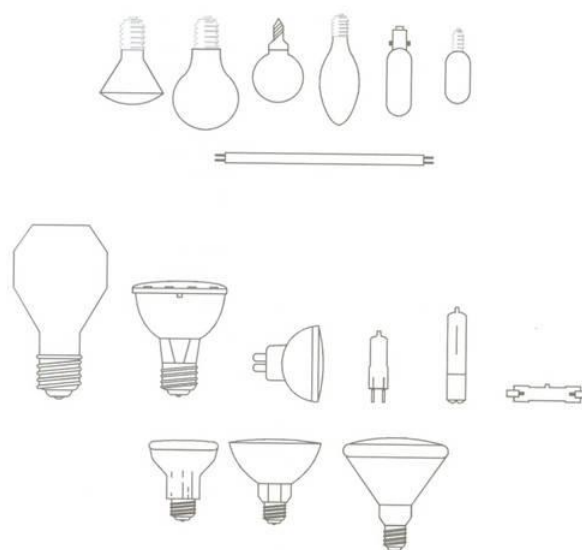


Fig 17 Formatos típicos de lâmpadas incandescentes (Guerrini, 2008)

Igualmente utilizadas com frequência, são as lâmpadas incandescentes de luz concentrada, mais conhecidas por *Spot Light*.

Estas não são muito diferentes das de uso normal, mas possuem feixes de luz direccionada, o que é vantajoso para focar objectos aos quais se queira dar mais destaque.

Possuem uma luz suave, podendo também ser controladas, e contém um IRC de 100% e uma temperatura de cor de 2.700 K. Utilizadas geralmente em residências, *halls* de entrada, hotéis, museus, lojas, montras, especialmente em espaços onde se queira realçar algo. Podem também funcionar em qualquer posição.



Fig 18 Lâmpada *Spot* Incandescente ([www.poupaeganha.com](http://www.poupaeganha.com))

## V.2 – Lâmpadas de Halogéneo

As lâmpadas de halogéneo têm o mesmo princípio que as incandescentes mas com algumas diferenças. Por exemplo, o seu bulbo é feito de cristal de quartzo, podendo assim suportar uma temperatura muito maior. Isto é necessário porque para evitar a alta temperatura do filamento das lâmpadas incandescentes, que evapora o tungsténio e diminui a sua eficiência, aumenta-se a temperatura do bulbo e estabelece-se assim um ciclo regenerativo entre o tungsténio evaporado e um elemento halogéneo.

Este ciclo começa com o composto formado no interior do bulbo, que se aproxima do filamento por convecção, para depois decompor-se e depositar o tungsténio novamente no filamento, libertando assim o halogéneo para um novo ciclo. Com o halogéneo utiliza-se o iodo e por vezes também o flúor, além do gás de enchimento do bulbo. Esta mistura é gasosa e decompõe-se próxima do filamento.

Este ciclo vai proporcionar uma maior durabilidade da lâmpada e uma redução do seu tamanho. O resultado é uma luz mais branca, brilhante e uniforme ao longo do seu tempo de vida útil.

Consequentemente temos uma potência maior para este tipo de lâmpadas, chegando mesmo até aos 5000 Watts. São por isso muito utilizadas em faróis de veículos terrestres ou aéreos, indústrias têxteis, ginásios, aeroportos, construções civis, monumentos, teatros, cinemas e estúdios de televisão. Isto porque produzem uma temperatura de cor próxima ao tom vermelho, deixando um ambiente agradável, além de que também dão a possibilidade de serem controladas por outros dispositivos electrónicos como os *dimmers*. Possuem um IRC de 100%, com temperatura de cor de 3.000 K e uma eficiência luminosa de 20 lm/W. A sua vida média é de 2.000 a 4.000 horas.

Devem ter-se cuidados especiais na instalação destas lâmpadas, como por exemplo não deixar rastros de gordura dos dedos. De preferência, manuseá-las com feltro de protecção. Deve-se também respeitar a posição de funcionamento indicada pelo fabricante. (Guerrini, 2008)

Uma vantagem destas lâmpadas é que por serem compactas, podem ser utilizadas com várias luminárias, oferecendo assim, liberdade para a utilização em diversos ambientes.

Possuem ainda no seu interior um reflector com espelho que desvia grande parte do calor produzido, para trás da lâmpada, sendo por isso o bulbo construído com quartzo para absorver a radiação ultravioleta. Isto é importante, pois protege os objectos iluminados do desbotamento de cores, facto importante para a sua utilização em museus e lojas.

Também existem as lâmpadas de halogéneo reflectoras que contém um espelho dicróico. Este material contido no espelho reflector, tem a capacidade de dividir um dos feixes dos comprimentos de onda, neste caso é o vermelho, libertando o calor e deixando a luz "mais branca"; esta característica é encontrada em filtros e espelhos especiais (*a palavra surge do grego: dichroos - bicolor*). ([alessandroazuos.blogspot.com](http://alessandroazuos.blogspot.com))

Estas são muito utilizadas em residências, montras ou para destacar detalhes em obras de arte. Contém base E-27, potência de 50 ou 75 W, com IRC de 100% e temperatura de cor de 3.000 K.



Fig 19 Lâmpada Ar - geralmente combinada com espelhos dicroicos  
([www.poupaeganha.com](http://www.poupaeganha.com))



Fig 20 Lâmpada de Halogéneo dicroica ([alessandroazuos.blogspot.com](http://alessandroazuos.blogspot.com))



Fig 21 Lâmpada de Halogéneo tipo cápsula (alessandroazuos.blogspot.com)



Fig 22 Lâmpada de Halogéneo *PAR (Parabolic Aluminized)* (alessandroazuos.blogspot.com)



Fig 23 Lâmpada de Halogéneo tipo linear (alessandroazuos.blogspot.com)

### V.3 – Lâmpadas de Descarga

As lâmpadas de descarga também produzem luz pela excitação de gases no seu interior, e todas as suas variantes necessitam de reactores para o seu funcionamento correcto. Caracterizam-se pela sua economia e pela capacidade de produzir uma luz brilhante.

Dispositivos auxiliares podem também ser necessários, tais como os arrancadores. Estas lâmpadas não dão muita liberdade de posicionamento, por isso a posição de funcionamento especificada pelos fabricantes deve ser respeitada.

Os tipos mais comuns de lâmpadas de descarga baseiam-se em propriedades emissivas do mercúrio, sódio ou multivapores metálicos, quando vaporizados em combinação com gases nobres ou outros elementos químicos que modificam a cor espectral. São muito utilizadas em montras e interiores de lojas, fábricas, e também em iluminação de exteriores.

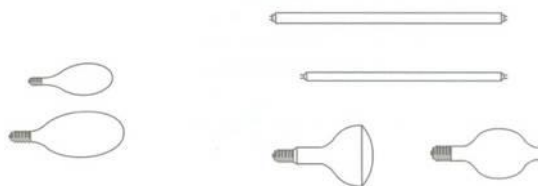


Fig 24 Formas típicas de Lâmpadas de Descarga (Guerrini, 2008)

Por isso estão incluídas neste grupo de lâmpadas, as lâmpadas de vapor de mercúrio, as de vapor de sódio de alta e baixa pressão, e as lâmpadas de iodetos metálicos.

As lâmpadas a vapor de sódio de alta pressão podem ser da ordem de 20 Kn/m<sup>2</sup>. É a pressão que vai determinar o tipo de radiação emitida. A descarga dos gases inicia-se pelo árgon até á vaporização do sódio e a luz produzida é amarelada. As suas potências fabricadas são de 70, 73, 150, 210, 250, 350, 400, 1000 W, contendo uma eficiência luminosa até 130 lm/W e um IRC de 20 a 39%. Como podemos aqui observar, estas têm uma boa eficiência luminosa, mas uma restituição de cores má. A temperatura de cor é de

2.000 K e a sua vida média é normalmente de 24.000 horas. As de 210 e 350 W duram 14.000 horas.

As lâmpadas a vapor de sódio de baixa pressão são comparáveis às lâmpadas fluorescentes, pela sua constituição e pela forma como funcionam, a diferença é que o vapor de mercúrio é substituído pelo vapor de sódio, tornando mais difícil o arranque destas, dado que o estado sólido do sódio, em oposição ao estado líquido do mercúrio, não produz o vapor metálico á temperatura ambiente.

Estas lâmpadas são mais utilizadas em siderúrgicas, fundições, pedreiras, avenidas de tráfego, túneis, pátios, parques, ferrovias, estaleiros, aeroportos e construções civis.

Actualmente, grande parte das lâmpadas de mercúrio utilizadas são de alta pressão. Existem vários tipos: as de vanadato de ítrio, as de multivapores metálicos e as ultravioletas.

A sua constituição baseia-se num tubo de ignição, que por sua vez contém mercúrio no estado líquido, e um gás inerte – o árgon. Também faz parte desta constituição, o nitrogénio, que está entre o tubo de descarga e o bolbo, para facilitar a convecção do calor.

Quando a lâmpada é ligada, produz uma luz amarelada, isto porque há uma descarga inicial entre o eléctrodo principal e o eléctrodo de partida, pelo processo de ionização do árgon, que provoca o aquecimento interno do bolbo. Este aquecimento evapora o mercúrio, tornando o ambiente do bolbo altamente condutor, e estabelece choques entre os electrões livres e os átomos do mercúrio, o que pode produzir por vezes, uma luz azulada.

A radiação é a parte visível (ultravioleta) sendo a cor desagradável, pois tem o espectro deslocado para o verde-amarelado. A correcção do espectro pode ser feita através da pintura do interior do bolbo. Actualmente utiliza-se o vanadato de ítrio, que introduz a cor vermelha, corrigindo assim, o espectro visível. Também é possível melhorar a distribuição do espectro e a eficiência luminosa destas lâmpadas, através da introdução de iodetos metálicos ou multivapores metálicos no tubo de descarga.

As potências fabricadas existentes são de 35, 50, 70, 150, 215, 250, 400, 1000, 2000 W, sendo a sua aplicação bastante extensa, utilizada em grandes áreas, exteriores ou interiores, com uma vida média útil de 12.000 horas, uma eficiência luminosa de 40 a 60 lm/W, temperatura de cor de 3.550 a 4.100 K, e um IRC de 40%.



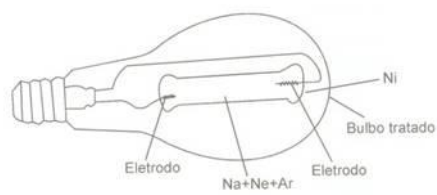


Fig 25 Lâmpada de Vapor de Sódio (Guerrini, 2008)



Fig 26 Lâmpadas de Descarga de Alta Intensidade (www.ambicare.com)

## V.4 – Lâmpadas Fluorescentes

A comercialização da lâmpada fluorescente foi um avanço importante na iluminação desde a lâmpada de tungsténio.

Enquanto as lâmpadas incandescentes têm uma boa restituição cromática o mesmo já não acontece com todos os tipos de lâmpadas fluorescentes. Por isso, estas lâmpadas são identificadas com um nº de cor, ao qual corresponde um certo índice de restituição das cores. O índice de restituição vai de 0 a 100 e é maior ou menor, de acordo com a restituição das cores dos objectos. São lâmpadas a vapor de mercúrio de baixa pressão. A ligação entre pressão, densidade de corrente e tensão, produz uma radiação de 254 nm, invisível. Essa radiação é depois transformada em radiação visível através da excitação do material do lado interno do bolbo.

O seu funcionamento baseia-se numa descarga de gás num tubo, onde em cada extremidade existem eléctrodos que estão selados com uma gota de mercúrio e gases inertes (normalmente árgon), e estão sujeitos a uma baixa pressão. O interior deste tubo é revestido com fósforo o que resulta numa luz visível quando excitada com radiação ultravioleta. Os eléctrodos estão na forma de filamentos que são pré-aquecidos rapidamente pelo arranque da luz, para diminuir a tensão e manter o calor durante todo o funcionamento da lâmpada.

Quando a lâmpada é desligada, a mistura de gás e mercúrio não é condutora. Quando a energia é ligada, é necessária alta voltagem para iniciar a descarga. No entanto, uma vez iniciada será precisa muito menos energia, normalmente abaixo dos 100 W para os tubos abaixo de 30 W, e de 100 a 175 volts para os tubos de 30 W ou mais, é o necessário para manter a luz.

A corrente eléctrica quando passa pelos gases a baixa pressão, emite um pouco de radiação ultravioleta, mas não resulta numa luz visível. A radiação resultante da descarga de gás é quase na sua totalidade radiação do mercúrio, apesar de que a mistura de gás é na sua maioria gás inerte e só 1% de vapor de mercúrio.

O fósforo, presente no interior da lâmpada, converte de forma muito eficiente a maioria dos raios ultravioleta em luz visível, e manipula a luz para o efeito desejado.

Nesta “família” de lâmpadas existem também algumas específicas para certos espaços e equipamentos, como hospitais e indústrias, que requerem revestimentos especiais como quartzo, que apenas deixa passar pequenas ondas de radiação ultravioleta. Algumas contêm pouco revestimento e emitem ondas de radiação ultravioleta do mercúrio, e

outras contêm então o revestimento de fósforo que converte as pequenas ondas de ultravioleta em ondas médias, se assim o for desejado. (members.misty.com)



Fig 27 Composição de Lâmpada Fluorescente (www.praticandofisica.com.br)

Existem variados tamanhos e tipos de lâmpadas fluorescentes, mas as mais usadas são as tubulares, principalmente em locais de trabalho mas também em residências. Existem ainda, as lâmpadas fluorescentes de indução magnética, sendo estas de partida instantânea. A descarga é feita por energia fornecida por um campo electromagnético externo, sem eléctrodos ou ligações a filamentos. Contém uma frequência de operação de 250 kHz, praticamente sem nenhum efeito estroboscópico, utilizando um reactor electrónico para o funcionamento, que pode ser alimentado por corrente alternada ou contínua. Estas lâmpadas são mais utilizadas em locais de difícil acesso e custo elevado, como por exemplo túneis, indústrias e postos de gasolina. As potências fabricadas são de 100 e 150 W, tendo uma vida média útil de 60.000 horas, um fluxo luminoso de 11000 e 12000 lúmens, e uma temperatura de cor de 4000 K.

No entanto, as lâmpadas fluorescentes são mais eficientes do que as incandescentes, a transformar energia eléctrica em luz proveitosa, com uma vida média de 7500 horas e eficiência de 60 a 70 lm/W. A sua eficiência aumenta consideravelmente a qualidade e o conforto dos espaços, especialmente os espaços de trabalho como escritórios e fábricas, mas também cozinhas e casas-de-banho.

As potências fabricadas são de 15, 16, 20, 30, 32, 40, 65, 105 e 110 W, e as categorias existentes são a branca morna com 3000 K com IRC de 85%, a branca neutra com 4100 K e IRC de 66%, e a luz do dia com 6000 K e IRC de 72%. (Guerrini, 2008)



Fig 28 Tipos de Lâmpadas Fluorescentes ([www.ci.berkeley.ca.us](http://www.ci.berkeley.ca.us))

#### **V.4.1 – Lâmpadas Fluorescentes Compactas**

O funcionamento destas lâmpadas não difere muito das fluorescentes já referidas. A diferença é que o revestimento do bulbo da lâmpada é feito por uma pintura fluorescente que permite aplicar diferentes cores, o que pode ser adequado às mais diversas aplicações.

São as melhores substitutas das fluorescentes normais, pois podem ter a mesma ou semelhante, temperatura de cor, o mesmo tamanho, e são mais económicas e resistentes, podendo poupar até 80% de energia e durar até 15 vezes mais. Proporcionam assim, um menor aquecimento do ambiente, e uma forte redução da carga térmica em grandes instalações.

Existem em potências fabricadas de 5, 7, 9, 11, 13, 18, 20, 22, 26, e 32 W. Com uma vida média de 8.000 horas e eficiência de 50 a 69 lm/W.

Tendo uma temperatura de cor de 2.700 K, produzem uma luz amarelada semelhante às das incandescentes, com um IRC de 85%, e aparência de cor mais esbranquiçada. (Guerrini, 2008)

Mas algumas lâmpadas fluorescentes compactas são de tipos e formas diferentes, o que as faz diferir das fluorescentes normais, mais uma razão para que sirvam para a substituição destas. Algumas têm bulbos e balastros que podem ser substituídos separadamente. Outras contêm o balastro embutido no bulbo, sendo este descartado quando o bulbo necessitar de substituição.

Por conseguinte, existem algumas desvantagens na utilização destas lâmpadas, como por exemplo, algumas podem ter bulbos maiores, o que vai impossibilitar substituir as lâmpadas incandescentes. A sua forma alongada e circular pode também resultar numa luz menos eficiente para a iluminação necessária em alguns espaços.

Muitos modelos têm reivindicações sobre a saída de luz que só são alcançadas com a temperatura correcta e em alguns casos, com uma só posição de utilização.

As lâmpadas fluorescentes compactas, normalmente só produzem a sua luz total depois de aquecerem durante um minuto ou dois, para produzirem só 20 a 25% da sua luz, isto quando são ligadas pela primeira vez. Essa luz normalmente é diferente das lâmpadas incandescentes, muitas vezes menos amarela e ligeiramente mais rosa ou mais azul. O espectro que sai destas lâmpadas é concentrado apenas em algumas faixas deste, e isto pode distorcer ligeiramente a cor.

Algumas variantes destas lâmpadas, normalmente as que contêm balastro de ferro, podem produzir um ruído de 120 Hz, o que poderá ser desagradável.

Os *dimmers* não têm possibilidade de ser usados com estas lâmpadas, o que pode representar uma desvantagem.

Assim como outras lâmpadas fluorescentes, estas podem ter problemas em funcionar em ambientes muito frios, resultando numa luz mais fraca, e também em ambientes muito quentes, porque os balastros impossibilitam a sua fixação em tectos que contenham muito calor.

Outra desvantagem é que estas lâmpadas podem interferir com a frequência do rádio.

As lâmpadas fluorescentes compactas, são mais caras do que as fluorescentes normais, por isso a substituição das normais pelas compactas pode não compensar, pois devido ao elevado custo inicial, o período de recuperação pode ser muito longo.

Mesmo assim, devido ao menor gasto de energia e a uma menor produção de calor, as lâmpadas fluorescentes representam uma alternativa desejável para as lâmpadas incandescentes. (members.misty.com)

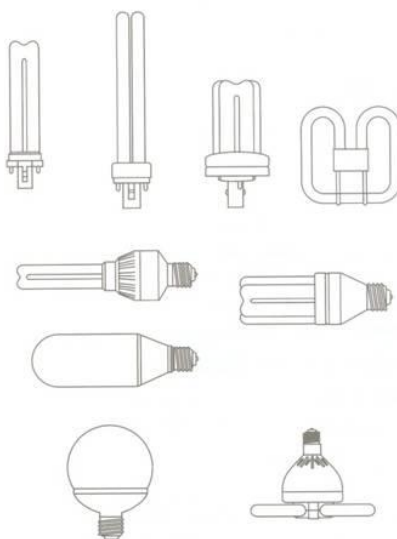


Fig 29 Tipos de Lâmpadas Fluorescentes Compactas (Guerrini, 2008)

## V.5 – Lâmpadas de Luz Mista

O filamento de tungsténio de uma lâmpada de incandescência, incorporado na ampola e ligado em série com o tubo de descarga, pode ser utilizado como balastro. Da combinação destas duas fontes de luz numa só, resultou a chamada lâmpada de luz mista.

No entanto, para se obter uma duração de vida razoável, a temperatura de funcionamento do filamento tem de ser baixa, o que significa uma redução no rendimento. Assim, enquanto com as lâmpadas de vapor de mercúrio de alta pressão, se atingem rendimentos da ordem dos 60 lm/W, com as lâmpadas de luz mista o rendimento não ultrapassa os 26 lm/W.

A lâmpada de luz mista consiste, numa ampola cheia com gás, revestida na parede interna por uma camada fluorescente, contendo um tubo de descarga em série com um filamento.

Estas lâmpadas possuem todas as vantagens das lâmpadas a vapor de mercúrio e das incandescentes. São constituídas por um tubo de descarga semelhante ao das lâmpadas de mercúrio com filamento externo, e o seu funcionamento baseia-se no filamento e na descarga dentro do tubo pelo árgon, que provoca o aquecimento com vaporização do mercúrio e com ionização do bolbo, completando-se assim a descarga.

A radiação ultravioleta da descarga do mercúrio é convertida em radiação visível pela camada fluorescente. O bolbo recebe uma pintura correctora, o que se traduz numa luz bastante agradável.

As potências fabricadas são 160, 250, e 500 W, têm uma vida média útil de 6000 horas, uma eficiência luminosa de 25 lm/W, e uma tensão de trabalho de 220 V.

Estas não necessitam de reactivos para o seu bom funcionamento, por isso substituem com alguma vantagem as lâmpadas incandescentes comuns, pois as mistas de 160 e 250 W possuem uma base E-27, idênticas às convencionais, sendo de uso geral.

São mais utilizadas em iluminação pública, iluminação industrial, garagens, *outdoors* e depósitos.

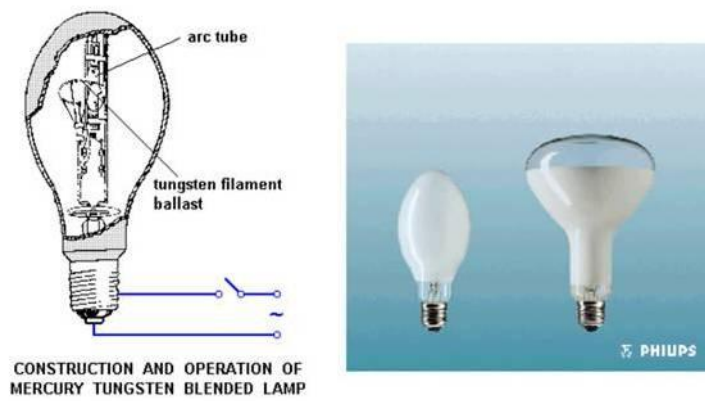


Fig 30 Lâmpada de Luz Mista ([www.estv.ipv.pt](http://www.estv.ipv.pt))



## V.6 – Iluminação com LED (*light emitting diode*)

A sigla LED vem de *Light Emitting Diode*, em português, Diodo Emissor de Luz. Este pequeno mecanismo consiste num diodo semiconductor que quando é ligado á corrente eléctrica produz uma luz constante que pode ser regulável e colorida.

Os LED's permitem-nos trabalhar mais a luz, através das cores que pode produzir. Por exemplo, pode-se pôr cor numa parede sem ser através da sua pintura mas sim, através da sua iluminação com estes dispositivos.

As suas características são bastante atractivas aos consumidores: têm um consumo reduzido (consomem pouca energia), têm um tempo de vida útil muito maior do que as restantes lâmpadas, e não emitem radiações ultravioletas, ou seja, não produzem calor.

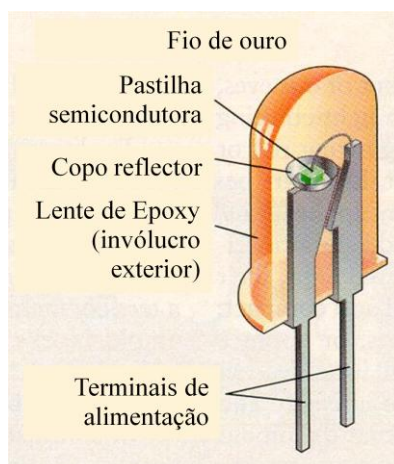


Fig 31 Composição de um LED  
([www.prof2000.pt](http://www.prof2000.pt))

Mas os LED's, para além de todas estas boas características, também têm as suas desvantagens, como por exemplo, ainda são um investimento muito caro, que pode não compensar a substituição das lâmpadas normais.

Outra desvantagem, é que o conceito de iluminação com LED's não pode ser o mesmo que o da iluminação natural ou artificial, porque têm de se colocar muitos destes elementos para conseguir iluminar um espaço com iluminação geral. Com grandes espaços e grandes pés-direitos, não se consegue uma boa iluminação. Por estes motivos, são mais utilizados para iluminação pontual, para dar destaque a alguns objectos, pois têm de estar próximos do que queremos iluminar.

Mas a tecnologia LED está em grande evolução, a electrónica e a informática estão em grande velocidade na iluminação com LED's. Por isso, amanhã poderá já ser possível fazer iluminação geral com estes dispositivos e muitas mais possibilidades no mundo da iluminação se avizinham.



Fig 32 Iluminação Interior com LED's (blog.livedesignonline.com)



Fig 33 Iluminação de Fachada com LED's (architectureideas.inf)

## **V.7 – Iluminação com fibra óptica**

A fibra óptica é também um importante avanço nas tecnologias de iluminação, pois trouxe-nos inúmeras possibilidades e novos efeitos de luz.

A sua composição baseia-se num emissor de luz (que pode ser uma lâmpada de halogéneo por exemplo), por um cabo (ou mais) de fibra óptica, e por lentes terminais que emanam a luz. É através da fibra que a energia luminosa é transmitida rapidamente, conseguindo-se assim uma iluminação pontual.

A iluminação com fibra óptica ainda é muito cara e pouco acessível, mas tem imensas vantagens em comparação com os sistemas tradicionais de iluminação. Como por exemplo, a fibra óptica consegue resistir às radiações ultravioletas e ao aparecimento de fungos, devido ao seu revestimento específico. Assim, não necessita de qualquer manutenção e é à prova de água, podendo também iluminar piscinas e jacuzzis, sem perigo de curto-circuito.

Outras vantagens da fibra óptica: pode também produzir luzes coloridas (azul, verde, amarelo, laranja, rosa e branco), tem uma grande durabilidade, não produz calor, tem grande segurança pois não emite energia eléctrica, possibilita grande flexibilidade na sua utilização, e tem uma grande economia de energia eléctrica, porque com apenas uma lâmpada, podemos iluminar vários cabos de fibra e consequentemente obter vários pontos de luz.

É utilizada geralmente em piscinas, jacuzzis, montras, produtos sensíveis ao calor, nichos, iluminação pontual de obras de arte ou de contornos arquitectónicos em fachadas, iluminação de locais de difícil acesso, tectos, pavimentos, paredes, tecidos, peças de ourivesaria, papel, quadros, entre outros.

Resumindo, a fibra óptica não é uma fonte de luz, mas sim um condutor dela, que tem a capacidade de transportar a energia luminosa rapidamente, logo, não podemos falar em eficiência luminosa da fibra óptica, porque esta terá a eficiência luminosa da fonte de luz que estiver no início do circuito.

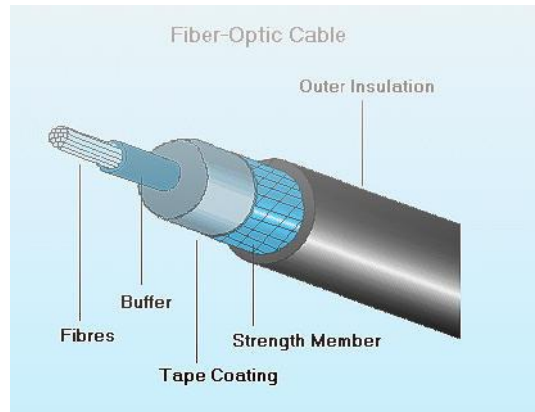


Fig 34 Cabo de Fibra Óptica. Da esquerda para a direita: fibras; acelerador da informação; revestimento do fio; membro da força; isolamento exterior. (esmf.drealentejo.pt)



Fig 35 Iluminação com Fibra Óptica (www.fibraotica.com.br)

## Capítulo VI - Eficiência Energética de Lâmpadas

Quando se fala de iluminação artificial, é obrigatório e necessário falar-se de eficiência energética.

Existem lâmpadas que gastam muita energia, como é o exemplo das incandescentes, que estão a cair em desuso por esse mesmo motivo. Eficiência energética, trata-se portanto da “(...) relação entre o fluxo luminoso e a potência consumida, (...) por um watt consumido.” (osram)

A energia chega até nós nas mais variadas formas. Aqui será focada a forma eléctrica, que conhecemos no formato de redes de distribuição, ou seja, através de cabos e fios eléctricos que transportam a electricidade até aos edifícios.

A energia eléctrica pode vir de recursos naturais não renováveis, como combustíveis fósseis e nucleares, ou através de fontes renováveis, como a força das águas e dos ventos, o sol e a biomassa. A energia de biomassa é fornecida por matérias de origem vegetal, renováveis em intervalos relativamente curtos de tempo, a sua vantagem é ter um leque de opções bastante amplo, incluindo a madeira das florestas naturais, bagaço de cana<sup>2</sup>, madeira cultivada especialmente para produção de energia, resíduos das indústrias de serralharia, aglomerados e celulose, além do biogás, obtido pela decomposição de dejectos. Estas são fontes menos convencionais. As mais convencionais são a energia hidráulica, o gás natural, o carvão mineral, os derivados de petróleo e a energia nuclear.

Todas as formas de gerar energia eléctrica provocam interferências no meio ambiente. Até mesmo as energias solar e eólica causam impacto ambiental. A primeira exige um processo de mineração poluidor, para extracção do minério utilizado na fabricação da célula fotovoltaica. A segunda causa ruídos elevados nas proximidades dos geradores eólicos e ambas, além de deslocar a fauna e flora locais, ocupam espaços que poderiam dar lugar a outras actividades mais benéficas ao meio ambiente e á população em geral.

A fase de transformação da energia, começa desde que é extraída da natureza, e já neste processo existem desperdícios que são prejudiciais para o meio ambiente. Estes desperdícios têm chamado a atenção de algumas empresas e organizações ambientais, que têm vindo a desenvolver iniciativas para a promoção da eficiência energética. Métodos de poupar e melhor utilizarem toda a energia que é extraída da natureza, através do melhoramento dos processos, do investimento na pesquisa de novas tecnologias

---

<sup>2</sup> O bagaço de cana vem da cana-de-açúcar e é usado como produto alimentar de bovinos, mas também existe o bagaço que é criado em oficina e usado para produção de energia, sendo constituído por celulose, hemicelulose e lignina. ([www.veterinaria.org](http://www.veterinaria.org))

energéticas, mais eficientes e ecológicas, bem como o aproveitamento e desenvolvimento das energias renováveis. A eficiência energética e as energias renováveis são a base de uma política energética sustentável.

Na fase de utilização da energia, é onde entramos nós consumidores com as nossas acções do dia-a-dia. Parte de cada um, temos ou não uma atitude ecológica e eficiente. Cada vez mais somos alertados para o esgotamento dos recursos naturais, e para um futuro de escassez de energia. Temos de racionalizar a que temos, e explorar novas possibilidades energéticas sustentáveis. Todo este conceito pressupõe a adopção da nossa parte de medidas que permitem uma melhor utilização e racionalização, tanto no sector doméstico como nos serviços públicos. Podemos não só trocar as nossas lâmpadas incandescentes por lâmpadas economizadoras de energia, como também, podemos adoptar outros hábitos que nos ajudam a poupar os custos e a aumentar o tempo de vida útil das nossas lâmpadas. Por exemplo, se pintarmos o tecto e as paredes internas de cores claras, reduzimos a necessidade de uma iluminação mais forte, pois o próprio espaço irá reflectir toda a luz, devido às suas cores claras. Mantendo uma limpeza regular das luminárias e respectivas lâmpadas, estamos também a aumentar o seu tempo de vida, pois o pó acumulado nestes equipamentos reduzirá não só o tempo de utilização como a iluminação do espaço. As lâmpadas fluorescentes por exemplo, não devem ser utilizadas com *dimmers*, pois isso provoca redução na vida média da lâmpada. ([www.coachservicos.com.br](http://www.coachservicos.com.br))

Uma das medidas mais apeladas hoje em dia pelas empresas e marcas de iluminação, é efectivamente a troca das lâmpadas incandescentes e de halogéneo convencionais, por lâmpadas economizadoras de energia. Estas existem já em três grupos principais: lâmpadas fluorescentes compactas, lâmpadas baseadas em tecnologia LED e lâmpadas de halogéneo. Cada uma destas tem uma vasta gama de formatos e tamanhos para que possa obter a mesma qualidade de luz. ([www.philips.pt](http://www.philips.pt))

“Com uma simples mudança para soluções de iluminação economizadoras de energia, a Europa pode poupar o equivalente a 38 toneladas de CO<sub>2</sub>, 156 barris de petróleo e 52 centrais eléctricas.” ([www.philips.pt](http://www.philips.pt)) A eficiência energética propõe a minimização destes gastos de energia nestas duas fases: a transformação e a sua utilização.

Todo este processo de poupança de energia é possível através de um melhoramento na sua utilização. Podemos mudar os nossos hábitos de utilização e, fazer uma escolha acertada dos equipamentos, mantendo o conforto das actividades dependentes de energia. Por exemplo, o consumo médio anual em iluminação por unidade de alojamento é de cerca de 370 kWh, equivalente a 12% do consumo de electricidade no sector residencial. Mas, no

caso específico da iluminação, existem já no mercado algumas escolhas possíveis com vista a melhorar o conforto, a baixar os custos e a economizar.

Em residências são mais usadas as lâmpadas incandescentes e as fluorescentes. Ao invés das incandescentes, passaram a ser utilizadas as lâmpadas de halogéneo, onde o filamento está envolvido num gás de tungsténio que permite o seu ciclo regenerativo e elimina o escurecimento do bolbo, aumentando assim o rendimento e duração do tempo útil de vida quer do filamento quer da lâmpada.

As lâmpadas incandescentes clássicas são as mais baratas mas apresentam uma eficiência muito reduzida, pois apenas cerca de 10% da electricidade consumida é convertida em luz, sendo a restante convertida em calor. Quanto às lâmpadas incandescentes de halogéneo, apresentam uma eficiência superior. A sua principal característica é apresentarem índices de restituição de cor muito elevados (próximos da luz natural).

Nas lâmpadas fluorescentes, as paredes interiores são revestidas de um pó fluorescente, que transforma em luz visível a radiação ultravioleta emitida por um gás (vapor de mercúrio) percorrido por uma corrente eléctrica. As lâmpadas fluorescentes classificam-se em lâmpadas tubulares e compactas.



Fig 36 Lâmpada Incandescente clássica (casaeimoveis.uol.com.br)



Fig 37 Lâmpada Incandescente de Halogéneo ([www.xn--eficinciaenergtica-owbk.com](http://www.xn--eficinciaenergtica-owbk.com))



Fig 38 Lâmpada Fluorescente Tubular ([www.mauser.pt](http://www.mauser.pt))



Fig 39 Lâmpada Fluorescente Compacta ([www.inovacaotecnologica.com.br](http://www.inovacaotecnologica.com.br))

As lâmpadas fluorescentes tubulares apresentam uma elevada eficiência luminosa, necessitando no entanto de utilizar armaduras próprias, que normalmente são pouco atractivas. Quanto às lâmpadas fluorescentes compactas (CFL), são, devido ao desenvolvimento tecnológico verificado nos últimos anos, uma óptima alternativa às lâmpadas incandescentes clássicas. A qualidade da luz produzida é agora muito próxima



destas e o seu peso tem vindo a diminuir significativamente, incorporando balastos electrónicos que eliminam a trepidação da luz e proporcionam um arranque rápido, sendo o seu preço actual muito mais baixo. A sua evolução foi também centralizada no tamanho (que antes era demasiado grande) e no formato, de maneira a compatibilizá-las esteticamente com as lâmpadas incandescentes. Comparativamente com as lâmpadas incandescentes, apresentam um consumo energético 5 a 6 vezes inferior e um tempo médio de vida que pode atingir as 15.000 horas (cerca de 15 vezes superior às lâmpadas incandescentes).

Outra vantagem de utilizar as fluorescentes compactas ao invés das incandescentes é a baixa produção de calor e as questões de segurança nela envolvidas. Uma lâmpada de halógeno pode atingir a temperatura de 600 °C e uma incandescente cerca de 230 °C, causando riscos de queimaduras e incêndio. As lâmpadas compactas atingem no máximo cerca de 70 °C, minimizando em muito estes riscos.

Uma desvantagem das lâmpadas fluorescentes compactas é ainda o seu preço ser mais elevado do que as incandescentes, e também o seu fluxo luminoso não ser atingido imediatamente. Por estas razões não são aconselhadas para locais com curtos períodos de utilização.

O Decreto-Lei n.º 18/2000 de 29 de Fevereiro transcreveu para o direito interno os requisitos da etiquetagem energética das lâmpadas eléctricas para uso doméstico, ajudando assim os consumidores a efectuarem uma escolha mais racional destes equipamentos. Esta etiqueta fornece a informação da classe de eficiência energética (A, B, C, D, E, F ou G, em que a A é a melhor), o fluxo luminoso em lúmens (lm), a potência absorvida pela lâmpada em Watt (W), e a duração de vida útil desta.

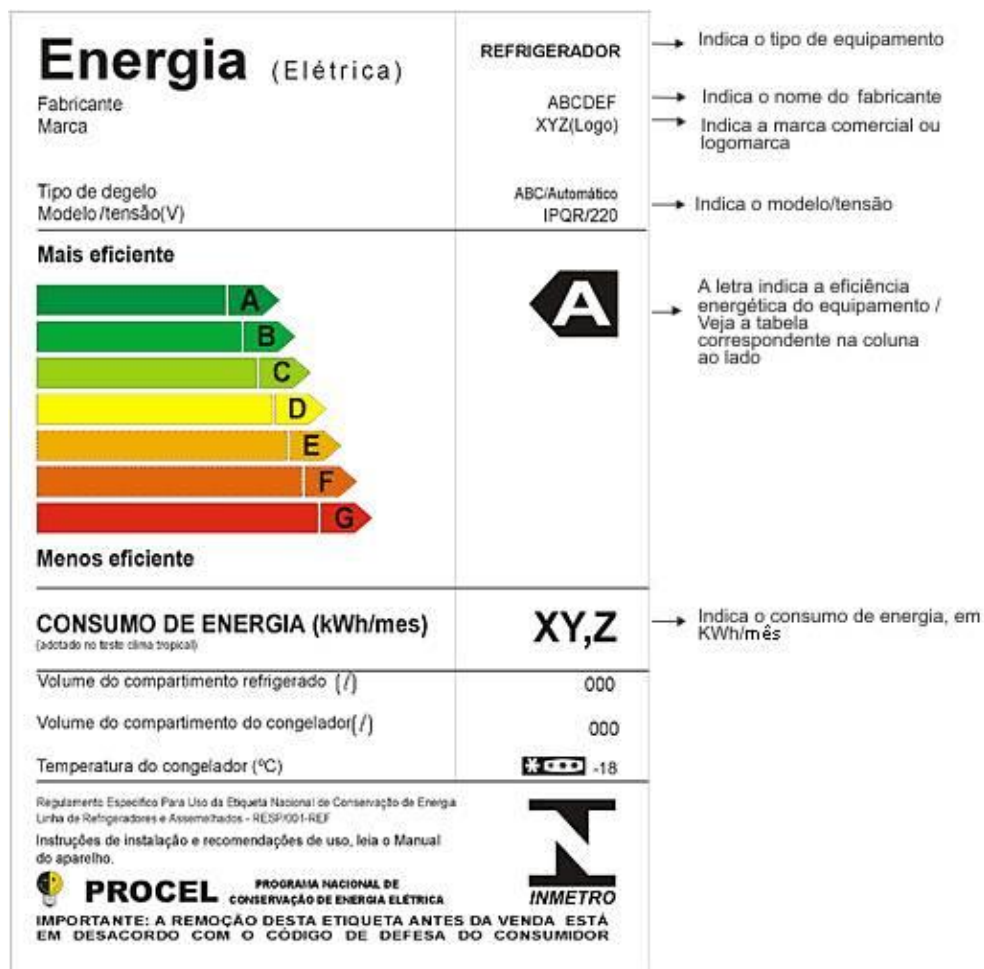


Fig 40 Etiqueta Energética ([www.energiaeficiente.com.br](http://www.energiaeficiente.com.br))

Concluindo, a eficiência energética depende muito de cada um de nós, como pessoas e como consumidores, ter consciência das nossas opções e acções. A escolha das lâmpadas passa por escolher a que converte mais energia em luz e não em calor. É importante também ter em atenção os mecanismos de controlo de lâmpadas, como por exemplo os sensores de movimento, os temporizadores e os *dimmers*. Estes mecanismos serão importantes e marcarão a diferença nos gastos de energia, mas serão mais eficazes nos edifícios públicos, ou nos sectores empresariais, onde circulam muitas pessoas, e normalmente ficam luzes acesas desnecessariamente. Daí os sensores de movimento e o aperfeiçoamento das lâmpadas fazerem toda a diferença.

A eficiência energética é importante pois os recursos naturais são limitados. Temos de tentar gastar o mínimo possível de recursos com o que fazemos. Em relação às lâmpadas o que podemos fazer efectivamente é aumentar a sua durabilidade, evitando assim, um maior consumo de recursos.

“A eco-eficiência é conseguida quando se disponibilizam bens ou serviços a preços competitivos, que satisfazem necessidades humanas e proporcionam qualidade de vida, reduzindo progressivamente os impactes ecológicos e a intensidade de utilização dos recursos em todo o ciclo de vida, a um nível pelo menos em linha com a capacidade de sustentação da Terra.” (preresi.ineti.p)

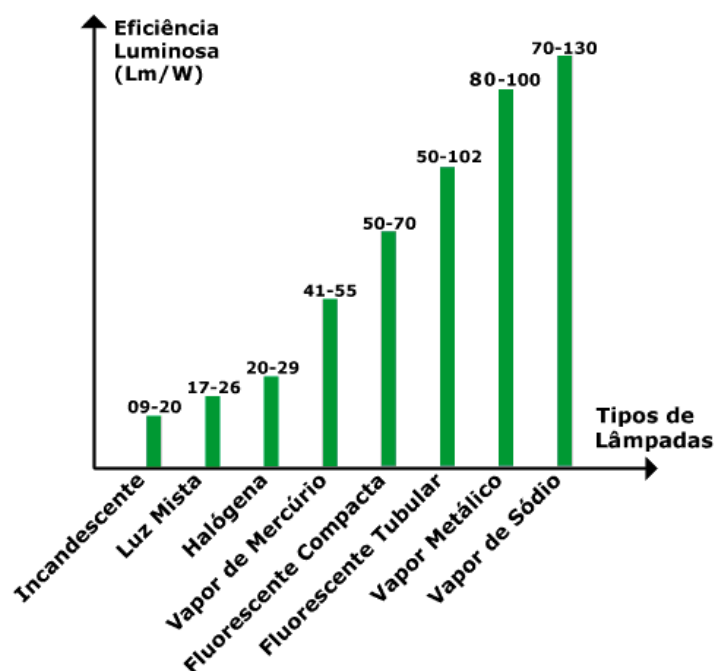


Fig 41 Eficiência Luminosa de Lâmpadas (www.coachservicos.com.br)

Tabela 5 Comparação entre uma lâmpada incandescente e uma fluorescente  
(www.coachservicos.com.br)

	Incandescente	Fluorescente
	Standard	Regular
<b>Potência</b>	40W	40W
<b>Fluxo Luminoso</b>	495 lm	2.700 lm
<b>Vida Média</b>	1.000h	12.000 h
<b>Eficiência</b>	12.4 lm/W	68.0 lm/W

## Capítulo VII – Relação entre eficiência energética e IRC de uma lâmpada

A eficiência energética de uma lâmpada não está directamente ligada ao seu IRC (índice de restituição de cor) pois este é uma questão de conforto visual.

A eficiência energética é importante na escolha de lâmpadas, pois o que nós como consumidores devemos procurar são lâmpadas de melhor qualidade, ou seja, não só um tempo de vida útil maior, mas também um tempo de vida de qualidade, que melhore as condições lumínicas dos nossos espaços.

Uma lâmpada com um IRC alto é o ideal dependendo do espaço em questão, pois como já foi referido antes, a luz artificial quanto mais se aproximar da luz natural, melhor é, e a luz natural é a que tem melhor IRC, de 100%, visto ser o valor de referência. Mas isto não quer dizer que uma lâmpada com um IRC alto seja mais eficiente, como por exemplo, as lâmpadas compactas de sódio são bastante eficientes (consomem pouca energia comparando com a luz produzem), mas possuem uma restituição cromática má.

Um sistema de iluminação efectivo e eficiente para além de baixar os custos de energia, deverá fornecer um conforto visual de alto nível, ou seja, consumir pouco e produzir um bom ambiente lumínico, de preferência com controlo da flexibilidade da luz.

O controlo da flexibilidade da luz é feito através de *dimmers*, sensores de movimento e temporizadores ou células fotoeléctricas. Os *dimmers* permitem regular manualmente a intensidade da luz, por ser um acto manual pode não ser tão eficaz, mas os sensores de movimento e os temporizadores são mecanismos automáticos que não necessitam de um controlo manual. No entanto o uso de células fotoeléctricas associado a *dimmers* pode permitir o ajuste automático da intensidade lumínica em função da contribuição real da iluminação natural dum espaço.

Os sensores de movimento baseiam-se, como o próprio nome indica, num mecanismo que acende e apaga a luz de acordo com o movimento existente no espaço. Esta tecnologia é mais utilizada em espaços de pouca permanência, como casas-de-banho, entradas ou corredores de passagem. Os temporizadores por sua vez fornecem uma vantagem de programar o tempo de iluminação. Podemos programar a hora a que se liga, o tempo que fica ligada, e a hora a que se desliga. Isto permite também um maior controlo do gasto de energia, sendo mais utilizada em edifícios de escritórios e edifícios públicos.

Para perceber melhor a questão de eficiência energética de uma lâmpada e do seu IRC, podemos comparar duas lâmpadas: uma lâmpada incandescente normal e uma lâmpada fluorescente compacta.

Uma lâmpada incandescente normal, produz 10 a 15 lm/W, e uma fluorescente compacta produz cerca de 50 a 80 lm/W. Só com estes valores ficamos com a clara percepção de que as fluorescentes compactas têm um fluxo luminoso mais elevado, ou seja melhor, permitindo um maior alcance na área iluminada.

As incandescentes são radiadoras térmicas, pois aquecem muito, aumentando o risco de acidentes como queimaduras ou curto circuitos, porque o seu filamento chega a atingir 3.000°C. A energia que por elas passa é transformada mais em calor do que em luz. Logo, não é uma lâmpada eficiente apesar de ter uma boa restituição cromática.

As lâmpadas fluorescentes compactas, têm um consumo de energia de menos 80% do que as incandescentes normais, resultando numa redução imediata nos gastos de energia. Apresentam uma durabilidade de dez vezes mais, implicando uma enorme redução nos custos de manutenção e reposição de lâmpadas. Outra grande vantagem é que não deixa passar tanto o calor que produzem para o ambiente, representando uma forte redução na carga térmica das grandes instalações. Apresentam também, uma excelente reprodução de cores, com um índice de 85%, o que garante o seu uso em locais onde a fidelidade das cores é fundamental. Têm uma tonalidade de cor adequada para cada ambiente, obtida graças á tecnologia do pó trifósforo<sup>3</sup>, com opções de 2.700 K, com aparência de cor semelhante às incandescentes e, portanto, indicadas para espaços onde se deseja obter um ambiente mais aconchegante. Também se consegue obter com estas lâmpadas, uma temperatura de cor de 4.000 K, com uma aparência mais branca, indicada para ambientes que se desejam mais activos.

---

<sup>3</sup> Pó trifósforo é um pó que se aplica no interior da lâmpada para uma melhor reprodução das cores e garante uma maior eficiência desta. (br.osram.info)

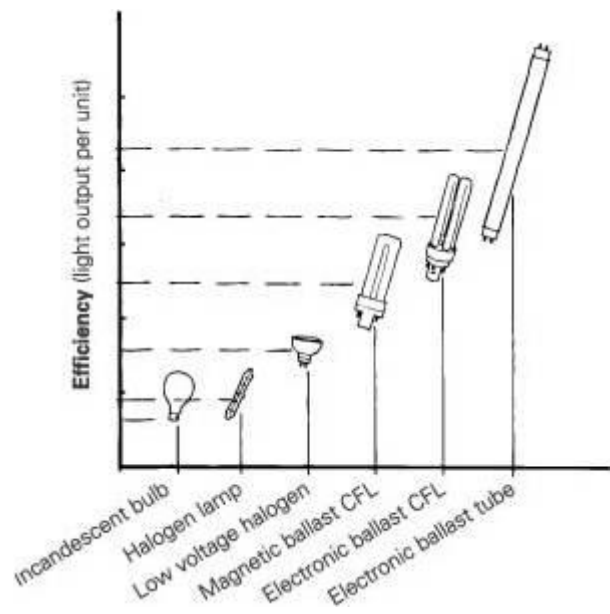


Fig 42 Eficiência de Lâmpadas ([www.yourhome.gov.au](http://www.yourhome.gov.au))

## Capítulo VIII – Estratégias e tipos de iluminação

Dentro do tema da iluminação artificial, existem ainda vários tipos de iluminação, como a geral ou a localizada, e várias estratégias de iluminar, como a iluminação directa ou a indirecta. Ainda dentro dos tipos de iluminação, podemos criar dois grandes grupos: a iluminação de interiores e a iluminação de exteriores, em que dentro da iluminação de interiores encontra-se também a iluminação de emergência, sendo esta uma componente muito importante e influente na arquitectura de interiores.

Falando de estratégias de iluminação de interiores, a iluminação directa baseia-se na colocação da luminária exactamente sobre o que queremos projectar, como por exemplo uma secretária de trabalho. É uma luz pontual, contínua e linear. A iluminação indirecta, é uma luz mais difusa e mais confortável, que não é utilizada para obter grandes níveis de iluminação. É mais apropriada para ambientes de estar e de circulação, não para espaços onde decorram actividades minuciosas. As sancas são muito utilizadas para obter estes efeitos.

A iluminação indirecta usa vários mecanismos para obter bons resultados. Trata-se de uma luz difusa porque a sua projecção é feita em primeiro lugar nas paredes, tecto ou objectos presentes num espaço, antes de se difundir. Esta é também influenciada pela cor e textura do material e pela materialidade da arquitectura do espaço. Para esta ser eficiente, temos de ter em atenção que as superfícies onde a luz vai incidir, têm de ser reflectoras ou transparentes.

É possível, no entanto, soluções mistas, espaços em que a iluminação predominante é indirecta, e onde a iluminação directa é usada só pontualmente.

Hoje em dia, começa a fazer sentido em termos energéticos, possuímos níveis de iluminação mais baixos para a iluminação geral, e conjugá-la com focos de luz estrategicamente colocados no espaço para a iluminação pontual de trabalhos de maior acuidade visual.

Os tipos de iluminação existentes são portanto a iluminação geral (directa ou indirecta), a iluminação localizada (iluminação directa) e a iluminação de tarefas visuais ou combinada (iluminação semi-directa e semi-indirecta). A primeira baseia-se na uniformidade da Iluminância e na distribuição regular das luminárias. A segunda, a iluminação localizada, concentra-se em localizar as luminárias nos locais de maior interesse, onde é necessária mais luz. O nível de iluminação geral poderá ser mais baixo caso seja complementado pela iluminação localizada, permitindo assim, uma maior eficácia energética.

A iluminação de tarefas visuais é controlada pelo utilizador, dependendo do tipo de tarefa que se está a executar, e de que tipo de iluminação e sua quantidade o utilizador necessita. Torna-se assim um sistema flexível, onde a envolvente da tarefa visual não necessita de altos níveis de iluminação.

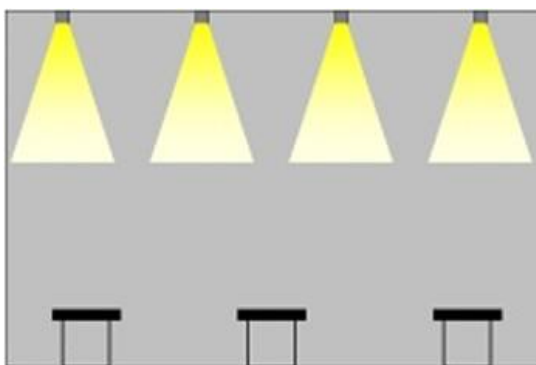


Fig 43 Iluminação Geral ([www.portalsaofrancisco.com.br](http://www.portalsaofrancisco.com.br))

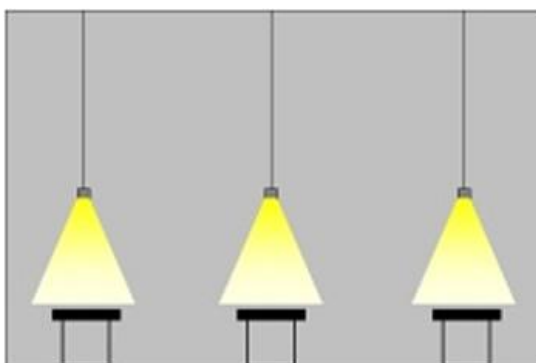


Fig 44 Iluminação de Tarefas ([www.portalsaofrancisco.com.br](http://www.portalsaofrancisco.com.br))

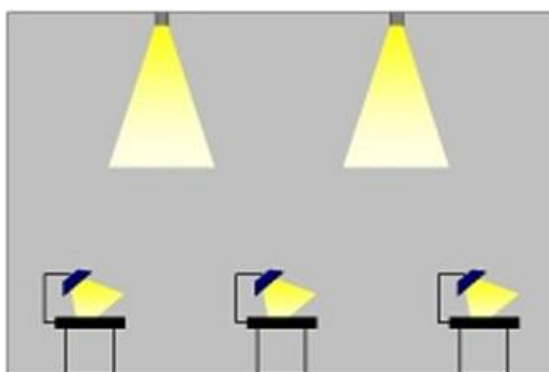


Fig 45 Iluminação Combinada ([www.portalsaofrancisco.com.br](http://www.portalsaofrancisco.com.br))



Para obtermos uma boa iluminação, não basta utilizarmos o melhor tipo ou a melhor estratégia de iluminação. Como já foi visto, temos de saber conjugar as lâmpadas e armaduras mais apropriadas para o espaço e tipo de tarefa a iluminar. Neste sentido, devemos ter em conta as características de potência e de fluxo luminoso das lâmpadas.

Para uma melhor visualização deste tema, apresenta-se abaixo uma tabela com as lâmpadas mais comuns utilizadas em alguns espaços.

Tabela 6 Tabela de lâmpadas e seus espaços de utilização (Guerrini, 2008)

<b>Espaços a iluminar</b>	<b>Lâmpadas</b>			
	<b>Vapor de mercúrio</b>	<b>Mista</b>	<b>Multivapores</b>	<b>Sódio</b>
Indústrias eléctricas e de mecânica de precisão	X	X	X	
Siderúrgicas, fundições, fábricas de cimento	X	X		X
Gráficas			X	
Auditórios e escritórios panorâmicos	X		X	
Lojas, recintos de exposição e vendas	X	X	X	
Garagens, oficinas e expedições	X	X	X	X
Pavilhões para exposições e feiras	X	X	X	
Ginásios desportivos e pavilhões multiusos	X	X	X	
Artigos de alimentação			X	
Laboratórios	X	X	X	
<b>Espaços exteriores</b>				
Ruas de comércio, zonas de pedestres	X	X	X	
Vias rápidas, pontes, praças e viadutos	X	X	X	X

Túneis e passagens subterrâneas				X
Vias secundárias e estacionamento	X			X
Percursos em parques e jardins	X	X		X
Aeroportos, ferrovias e pátios de manobras	X		X	X
Estaleiros e instalações portuárias	X		X	X
Estádios desportivos e grandes canteiros de obras	X	X	X	
Fachadas e grandes monumentos	X	X	X	X
<b>Aplicações Especiais</b>				
Estufas para cultivo de plantas	X	X	X	
Filmagens			X	
Iluminação de palcos			X	

Antigamente ir ao teatro era um acto social, onde se convivia e se conheciam novas pessoas. A iluminação artificial num teatro pode e deve, conter estratégias que incentivem o social, a proximidade entre as pessoas, e a segurança das mesmas. Foi neste sentido que foram pensadas as várias estratégias de iluminação, de acordo com os espaços públicos do Teatro Capitólio, tentando ao máximo uma consonância entre as lâmpadas e as armaduras escolhidas, de acordo com as características de cada espaço.

A iluminação directa, como já foi referido, baseia-se na projecção da totalidade do fluxo luminoso emitido sobre uma superfície, e assim, evita que haja grandes perdas por absorção no tecto e paredes. O que pode acontecer que é desvantajoso ou não é a produção de sombras acentuadas e o eventual encadeamento em função da localização das armaduras.

No projecto de reabilitação do Teatro Capitólio proposto, pretende-se recorrer a este tipo de iluminação em vários espaços, a iluminação geral directa, especialmente naqueles onde se necessita de uma boa iluminação por questões de visualização ou por motivos de

segurança. Estes espaços serão o guarda-roupa, a sala de limpeza de roupa, a sala de costura, a arrecadação, a cave técnica, os arrumos, a sala de afinação, a bilheteira, os bengaleiros, os camarins colectivos e individuais, a oficina/carpintaria, as instalações sanitárias, a zona exterior de projecção de filmes, a copa do bar/cafetaria, os escritórios, a sala de reuniões, e a iluminação geral da sala de espectáculos, a qual terá muitas mais especificações, as quais não serão focadas por se tratar de uma área muito específica de engenharia electrotécnica. A iluminação do palco também não será focada neste trabalho pelo mesmo motivo, e por ser uma iluminação que varia de espectáculo para espectáculo.

A iluminação de tarefas também consiste numa iluminação directa. Pretende-se aplicá-la em alguns espaços, por ser necessário ter um maior controlo do fluxo luminoso pelo utilizador. É exemplo disso, os camarins e os escritórios, que vão conter armaduras de iluminação de mesa tipo candeeiros, e no caso dos camarins são as armaduras de iluminação nos espelhos.

Quanto á iluminação semi-directa, que consiste na direcção da maior parte do fluxo para a superfície a iluminar (60 a 90%), dirigindo-se o restante noutras direcções, vai ter-se em atenção algumas situações nos espaços públicos do teatro, como a cafeteria/bar e as zonas de estar. Neste caso o contraste sombra/luz não será tão acentuado como no sistema de iluminação directa.

É de referir ainda a estratégia de iluminação difusa ou mista, onde o fluxo luminoso se distribui em todas as direcções. Aqui não há praticamente zonas de sombra nem encadeamento. Uma boa parte do fluxo luminoso chega á superfície a iluminar por reflexão no tecto e paredes. Pretende-se recorrer a este tipo de iluminação no hall de entrada, da entrada principal.

Nas zonas de circulação, será tido o cuidado de não instalar uma luz muito forte, pois pode criar um contraste muito acentuado aquando da saída do público da sala de espectáculos. Deverá, assim, haver um aumento gradual da luz. Por isso o ideal será optar por uma iluminação semi-directa, onde cerca de 60 a 90% do fluxo luminoso é dirigido para o tecto. Evita praticamente o encadeamento. Tem a desvantagem de proporcionar um baixo rendimento luminoso devido às elevadas perdas por absorção no tecto e paredes, mas á medida que as pessoas se vão aproximando da saída, pretende-se aumentar o fluxo luminoso, através de lâmpadas mais potentes.

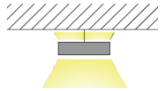
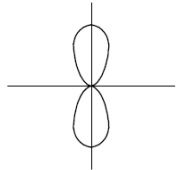
Será também desejável iluminação indirecta nestas zonas de circulação, mas mais presente nas zonas de estar entre os vários patamares. Com vista a criar um ambiente relaxante e de atractiva permanência, será aplicada esta estratégia também na cafeteria/bar, pois é intuito que este seja um espaço não só utilizado no intervalo dos espectáculos, mas

também fora do horário destes. Neste tipo de iluminação, 90 a 100% do fluxo luminoso é dirigido para o tecto, anulando completamente o encadeamento. Este tipo de iluminação tem um rendimento luminoso muito baixo devido às elevadas perdas por absorção no tecto e nas paredes, mas se esta estratégia for bem estudada e “jogada” com outras estratégias, poderá resultar numa ambiência bastante agradável.

De seguida apresenta-se uma tabela com alguns exemplos do que será apresentado no projecto.

Tabela 7 Opções de projecto

Tipo de Iluminação	Estratégia de Iluminação	Espaço/Objecto	Tipo de Lâmpada	Tipo de Armadura	Diagrama Fotométrico
Iluminação de tarefas	Iluminação directa	Espelho do camarim	Lâmpada incandescente	Encastrada 	
Iluminação Localizada	Semi-directa	Zonas de Estar	Lâmpada halógena	Candeeiro de pé 	
Iluminação Geral	Iluminação indirecta	Corredores e zonas de estar	Lâmpada LED	Saliente de parede 	
Iluminação Geral	Semi-indirecta	Iluminação de sinalização nas escadas	Lâmpada LED	Fita encastrada 	

Iluminação Geral	Mista	Iluminação do hall de entrada	Lâmpada de halogéneo	Suspensa/Pendente 	
------------------	-------	-------------------------------	----------------------	--	---

Quando se fala em segurança nos edifícios, sejam eles de que natureza for, é muito importante referir a iluminação de emergência.

Cada vez mais o Homem vem desenvolvendo métodos de iluminação tendo em vista a sua segurança e conforto visual. Tem de ser claro para nós que a iluminação de emergência não tem como objectivo final evitar acidentes. Temos primeiro de possuir uma iluminação adequada e insusceptível de causar danos humanos económicos.

A iluminação de emergência compreende também a iluminação de ambiente, sendo esta destinada a iluminar os locais de permanência de pessoas, evitando situações de pânico. Esta iluminação deve ser instalada em espaços destinados a pessoas com mobilidade condicionada e todos os espaços públicos com área superior a 10 m<sup>2</sup>, e garantir no mínimo 1lux de Iluminância medido no pavimento. (Portaria n.º 1532/2008)

Está compreendida também na iluminação de emergência, a iluminação de balizagem ou circulação, que tem o objectivo de permitir a evacuação das pessoas para áreas seguras e ainda possibilitar a execução das manobras de intervenção dos meios de socorro, logo esta deve estar acesa durante toda a presença do público no local. Na iluminação de circulação os dispositivos devem garantir 5 Lux, medidos a 1 m do pavimento ou obstáculo a identificar, e devem ser colocados a menos de 2 m em projecção horizontal de locais como na intersecção de corredores, na mudança de direcção de vias de comunicação, nos patamares de acesso e intermédios de vias verticais, nas câmaras corta-fogo, nos botões de alarme, nos comandos de equipamentos de segurança, nos meios de primeira intervenção, e em todas as saídas directas para o exterior. Nestes casos quando existir iluminação de substituição, esta deve ter uma fonte de alimentação eléctrica independente da de iluminação de emergência. Esta por sua vez também deve possuir um sistema autónomo de alimentação, que existe já com vários tempos de duração, mas tendo um mínimo de uma hora, sendo 15 minutos o tempo máximo para ser feita a evacuação do edifício, e deve ter um arranque automático num tempo máximo de 15 segundos. (Portaria n.º 1532/2008)

A iluminação de ambiente é feita através de alguns aparelhos, como por exemplo os blocos autónomos. Estes podem ser permanentes ou não permanentes e devem ser do tipo fluorescente, sendo dotados de um sistema de telecomando. Em locais de risco, que servem

um número elevado de público (superior a 100 pessoas), como é o caso do teatro, esta iluminação deve ser permanente, mas nos restantes espaços só deve ser permanente nas placas indicadoras de saídas. (Portaria n.º 1532/2008)



Fig 46 Bloco de emergência (www.templarluz.com)

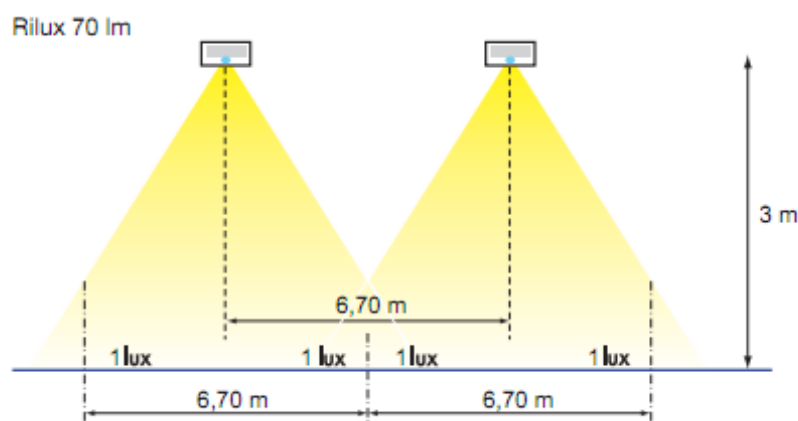


Fig 47 Normas de instalação de blocos de emergência (www.templarluz.com)

E por fim temos a iluminação de exteriores que abrange várias áreas como a iluminação de edifícios, de estátuas, de vias públicas e de espaços públicos exteriores como jardins e parques. A presença de luz em espaços exteriores é essencial não só como resposta às necessidades de segurança, mas também como forma de criar ambientes.

Direccionado a este tipo de iluminação também existem no mercado lâmpadas e luminárias indicadas por marcas e fornecedores, que nos permitem criar vários efeitos, sendo mais usados os projectores.



Fig 48 Iluminação rodoviária pela Phillips, Ponte Guillotière, Lyon, França  
([www.lighting.philips.pt](http://www.lighting.philips.pt))

## Capítulo IX – Tipos de Armaduras de Iluminação

As armaduras têm um papel fundamental na iluminação, seja ela de interiores ou exteriores. A luz não deve ser considerada por si só, devendo ter-se em conta a conjugação de uma ou mais lâmpadas com as respectivas armaduras, pois estas irão influenciar a forma como a luz será distribuída pelo espaço em questão.

Existem variados tipos de armaduras, de acordo com as suas funções: armaduras para iluminação geral, para iluminação directa ou semi-directa, indirecta ou semi-indirecta, para iluminação mista ou de repartição uniforme, para iluminação pontual ou de tarefas específicas, iluminação a partir do chão ou das paredes, e também existe a possibilidade de conjugar estes vários tipos num mesmo espaço.

Assim sendo, quando se escolhe uma armadura não devemos ter só em conta o seu aspecto estético. Há que ter conhecimento das suas características e potencialidades, a forma como é ligada á corrente eléctrica, a sua conjugação com a lâmpada mais apropriada e com o espaço em questão, como é feita a sua manutenção e a sua segurança para os utilizadores.

Numa primeira compreensão, podemos dividir os tipos de armaduras por armaduras de interior e de exterior. As primeiras, por sua vez dividem-se pela sua localização, podem estar no tecto, no pavimento ou na parede. As armaduras de exterior podem estar somente no pavimento ou nas paredes.

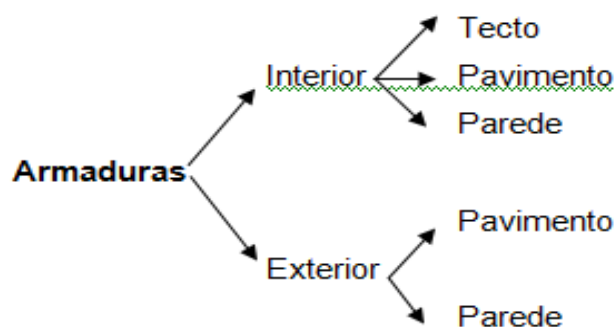


Fig 49 Esquema de tipos de armaduras



O tipo de utilização do espaço vai influenciar a localização das luminárias em relação ao utilizador, de forma a evitar desconforto visual. Uma má escolha de uma armadura pode provocar encadeamento, má posição de trabalho do utilizador, fadiga visual, desconcentração, má disposição física, entre outros.

Actualmente existem muitas luminárias disponíveis no mercado. Não poderei mencionar todas neste trabalho por ser uma lista muito vasta e variada, com muitas conjugações possíveis entre si, mas irei mencionar as principais e mais utilizadas em espaços interiores e exteriores.

Tabela 8 Armaduras de Interior




























Armaduras de interior				
Localização	Tipo		Feixe	Direcção
Tecto	Encastrada			 Só para baixo
	Saliente			 Várias conjugações
	Suspensa			 Várias conjugações
Pavimento	Encastrada			 Só para cima
	Saliente			 Várias conjugações
	De pé			 Várias conjugações
Parede	Encastrada			 Só lateral
	Saliente			 Várias conjugações
	Suspensa			 Várias conjugações

Tabela 9 Armaduras de Exterior

Armaduras de exterior				
Localização	Tipo		Feixe	Direcção
Pavimento	Encastrada			Só para cima
	Saliente			Várias conjugações
	De pé			Várias conjugações
Parede	Encastrada			Só lateral
	Saliente			Várias conjugações
	Suspensa			Várias conjugações

Tabela 10 Classificação de armaduras pela distribuição luminosa (lee.eng.uerj.)

		Espaçamento máximo entre aparelhos (todas as dimensões em metro)					
Altura de montagem, acima do piso (Altura do teto ao piso será usada para iluminação indireta e semi-indireta)	Distância do aparelho ao teto, para iluminação indireta e semi-indireta						
		indireta	semi-indireta	semi-direta	direta	Semiconcentrante direta	Concentrante direta
2,40	0,3-0,9	2,70	2,70	2,30	2,30	1,70	0,70
2,70	0,5-0,9	3,20	3,20	2,70	2,70	1,80	0,90
3,00	0,6-0,9	3,80	3,80	3,20	3,20	2,10	1,20
3,40	0,6-0,9	4,10	4,10	3,70	3,70	2,40	1,30
3,70	0,8-1,2	4,60	4,60	4,10	4,10	2,70	1,50
4,00	0,9-1,2	5,10	5,10	4,60	4,60	3,00	1,60
4,30	0,9-1,2	5,80	5,80	5,00	5,00	3,30	1,80
4,60	0,9-1,2	6,10	6,10	5,50	5,50	3,60	1,90
4,90	1,2-1,5	6,70	6,70	6,10	6,10	4,00	2,10
5,50	1,2-1,5	7,30	7,30	6,70	6,70	4,70	2,40
6,00 ou mais	1,2-1,8	8,50	8,50	7,60	7,60	5,30	2,70

Temos então as luminárias de tecto, as de chão, as de parede e as luminárias para tarefas específicas de trabalho.

As luminárias de tecto podem ter variadíssimas formas e características, mas os tipos principais são as suspensas ou pendentes (por exemplo os lustres), as embutidas ou encastradas, e as salientes.

A iluminação no chão pode ser feita através de armaduras embutidas, é exemplo disso a iluminação de emergência de alguns espaços públicos, mas também a partir do chão se iluminam pontos mais altos através de candeeiros de pé. Estas armaduras, e também as de tecto, podem ser do tipo *up light* e iluminar para cima, criando assim uma iluminação indirecta, mas também podem iluminar para baixo, criando uma iluminação mais directa.

As luminárias de parede são na sua maioria mais decorativas, mas também servem para criar iluminação indirecta e directa. São chamadas de “apliques” e são muito utilizadas em zonas de circulação e transição de espaços (iluminação indirecta), mas também podem ser utilizadas em exposições ou montras de lojas para focar um certo objecto ou peça (iluminação directa).

Dentro do grupo de luminárias de iluminação de tarefas específicas temos uma imensa variedade de armaduras. Na escolha de uma armadura destas temos de ter em especial atenção a tarefa que irá ser realizada sob esta luz. Temos por exemplo, os candeeiros de mesa e os candeeiros de pé.

As armaduras devem responder a uma série de exigências em matéria de resistência mecânica, térmica e de segurança, que são descritas em algumas normas internacionais e europeias, sendo a mais importante a CEI 598. Se as armaduras corresponderem bem a estes critérios impostos pelas normas, não representam qualquer perigo para os utilizadores, quer seja na sua manutenção ou na sua utilização.















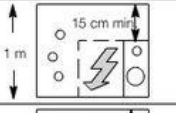

Os critérios que são impostos têm como objectivo evitar os choques eléctricos, as perturbações de funcionamento, a redução da duração de vida útil das lâmpadas e respectivas armaduras, assim como os curto-circuitos e incêndios. Estas protecções são indicadas de acordo com uma sigla de homologação: VDE, ASE, OVE e KEMA.

Outra forma de melhor identificar as armaduras escolhidas é através do seu grau de protecção. Para esta variante também existe uma sigla (IP) e respectivo valor de protecção da armadura, que pode ser encontrado nas embalagens das luminárias.

O “IP” quer dizer “Protecção de Ingresso”, e indica a forma como uma armadura está protegida dos agressores externos, tais como a humidade, a água e o pó.

Segundo este sistema, o “IP” aparece acompanhado por dois algarismos em que o primeiro indica o grau de protecção contra a penetração de corpos sólidos, e o segundo indica o grau de protecção contra a água. A escala varia conforme as tabelas abaixo.

Tabela 11 Grau de Protecção contra objectos sólidos (percepcao.typepad.com)

<b>1ST DIGIT:</b> Protection against foreign, solid objects		<b>2ND DIGIT:</b> Protection against liquids and moisture	
IP X...	Description	IP ...X	Description
<b>0</b>	 No protection	<b>0</b>	 No protection
<b>1</b>	 Protected against solid objects over 50 mm, e.g. accidental touch by hands	<b>1</b>	 Protected against vertically falling drops of water
<b>2</b>	 Protected against solid objects over 12 mm, e.g. fingers	<b>2</b>	 Protected against direct sprays of water up to 15° from the vertical
<b>3</b>	 Protected against solid objects over 2,5 mm (tools / wires)	<b>3</b>	 Protected against sprays to 80° from the vertical
<b>4</b>	 Protected against solid objects over 2,5 mm (tools / wires)	<b>4</b>	 Protected against water sprayed from all directions - limited ingress permitted
<b>5</b>	 Protected against dust - limited ingress (no harmful deposit)	<b>5</b>	 Protected against low pressure jets of water from all directions - limited ingress permitted
<b>6</b>	 Totally protected against dust	<b>6</b>	 Protected against strong jets of water, e.g. for use on shipdecks - limited ingress permitted
<b>Example:</b> <b>IP 67</b> Totally protected against dust and protected against the effects of immersion between 15 cm and 1 m.		<b>7</b>	 Protected against the effects of immersion between 15 cm and 1 m
		<b>8</b>	 Protected against long periods of immersion under pressure

- 0- Não tem protecção;
- 1- Protegido contra objectos sólidos com Diâmetro maior que 50mm;
- 2- Protegido contra objectos sólidos com Diâmetro maior que 12mm;
- 3- Protegido contra objectos sólidos com Diâmetro maior que 2,5mm;
- 4- Protegido contra objectos sólidos com Diâmetro maior que 1mm;
- 5- Protegido contra a poeira;
- 6- Totalmente protegido contra a poeira; (percepcao.typepad.com)












Tabela 2 – Grau de protecção contra a água

- 0- Não protegido;
- 1- Protegido contra quedas verticais de gotas de água;
- 2- Protegido contra quedas verticais de gotas de água para uma inclinação máxima de 15°;

- 3- Protegido contra água em spray de um ângulo de 80° verticalmente;
- 4- Protegido contra água projectada de todas as direcções;
- 5- Protegido contra jactos de água de baixa pressão vindos de todas as direcções;
- 6- Protegido contra água salgada e fortes jactos de água;
- 7- Protegido contra a imersão;
- 8- Protegido contra a submersão; ([percepcao.typepad.com](http://percepcao.typepad.com))

Segundo a norma francesa NFC 20.010, deveria existir um terceiro número que indica a protecção contra os meios mecânicos. ([paginas.fe.up.pt](http://paginas.fe.up.pt)) Este terceiro número viria acompanhado por "IK".

Tabela 12 Índice de Protecção contra meios mecânicos ([paginas.fe.up.p](http://paginas.fe.up.p))

Degré IK	Tests	Énergie en joules
IK 00		0
IK 01		0,15
IK 02		0,2
IK 03		0,35
IK 04		0,5
IK 05		0,7
IK 06		1
IK 07		2
IK 08		5
IK 09		10
IK 10		20

As armaduras também podem ser classificadas de acordo com classes de isolamento. Respetivamente classe de isolamento I, classe de isolamento II e classe de isolamento III. De acordo com a próxima figura, cada classe tem um símbolo.

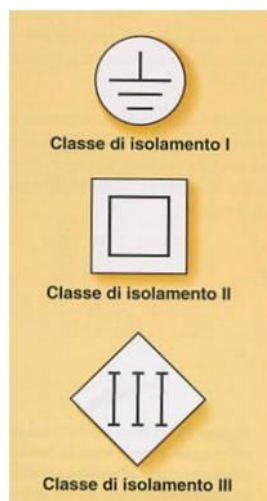


Fig 50 Classes de Isolamento (paginas.fe.up.p)

De acordo com a montagem das armaduras, também existe uma simbologia para nos indicar o local onde a luminária pode ser instalada. De acordo com a próxima figura, o primeiro símbolo indica-nos que a armadura é “apropriada para montagem directa sobre superfícies normalmente inflamáveis”. O segundo símbolo diz-nos que a armadura “não é apropriada para montagem directa sobre superfícies normalmente inflamáveis”. E o terceiro símbolo explica-nos que o equipamento é apropriado “(...) para montagem directa em superfícies normalmente inflamáveis quando um material isolante térmico recobrir a armadura de iluminação.”



Fig 51 Classificação da montagem de armaduras (paginas.fe.up.p)

Em relação ao fogo, os materiais que constituem as luminárias são classificados também em categorias: sendo “M0” incombustível, “M1” não inflamável, “M2” dificilmente inflamável, “M3” medianamente inflamável, “M4” facilmente inflamável e “M5” muito facilmente inflamável. Este índice de inflamável diz respeito ao material exterior da armadura. (paginas.fe.up.pt)

No que diz respeito ao tipo de aplicação podemos considerar que existem armaduras decorativas e armaduras funcionais. As funcionais são luminárias devidamente estudadas e testadas em fábrica para obter a melhor distribuição luminosa adequada ao tipo de tarefa a que se destina, e com vista a melhorar o seu rendimento e tempo de vida. Normalmente os fabricantes fornecem com a embalagem da luminária, os dados fotométricos de forma a possibilitar o cálculo luminotécnico de uma instalação.

As armaduras puramente decorativas são mais cuidadas do ponto de vista estético e não tanto do ponto de vista técnico. Não são fabricadas pela eficiência mas sim para decorar ou embelezar um certo espaço. Normalmente nas suas embalagens não vêm disponíveis os dados fotométricos.

Outra característica que irá influenciar muito a nossa escolha da armadura adequada é a sua capacidade de emitir Luminância. Assim podemos dividir as armaduras em “baixa Luminância”, “muito baixa Luminância, categoria 1” e “muito baixa Luminância, categoria 2”.

A “baixa Luminância” é quando as curvas limite da armadura estão à esquerda da curva limite da classe de qualidade B, correspondente a 1000 lux. Para os ângulos compreendidos entre os 75° e os 85°, as Luminâncias são inferiores a 300 cd/m<sup>2</sup>. Os ângulos de *cut-off*<sup>4</sup> nos dois planos considerados são inferiores a 65°.

Para “muito baixa Luminância categoria 1”, as curvas limite de Luminância estão à esquerda da curva limite de classe de qualidade A, correspondente a 2000 lux. Para os ângulos compreendidos entre os 55° e os 85°, as Luminâncias são inferiores a 200 cd/m<sup>2</sup>. E os ângulos de *cut-off*, nos dois planos considerados, são inferiores a 55°.

Na categoria2 de “muito baixa Luminância”, as curvas limite também estão à esquerda da curva limite de classe de qualidade A, mas correspondente a 1000 lux. Para os ângulos compreendidos entre os 75° e os 85°, a Luminância é inferior a 200 cd/m<sup>2</sup>. E os ângulos de *cut-off*, nos dois planos considerados, são inferiores a 60°.

---

<sup>4</sup> O ângulo de “cut-off”, trata-se do ângulo que é “(...) formado entre a horizontal do tecto e uma recta imaginária que, sendo tangente á lâmpada, passe pelo extremo do reflector. Se o nosso campo visual estiver situado dentro deste ângulo não podemos ver a lâmpada directamente.” (paginas.fe.up.pt)

As armaduras também podem ser divididas pelo tipo de lâmpadas que usam. Assim sendo, temos armaduras para lâmpadas fluorescentes, fluorescentes compactas, lâmpadas de descarga de alta pressão e armaduras para lâmpadas de halogéneo.

As armaduras para as lâmpadas fluorescentes são frequentemente utilizadas em escritórios, armazéns, estabelecimentos comerciais, estabelecimentos industriais (de preferência quando o pé-direito é inferior a seis metros), entre outros. A mesma armadura pode conter uma ou mais lâmpadas. A gama de armaduras deste tipo é muito extensa, ela consiste numa régua de montagem onde está alojado o balastro e a lâmpada. As armaduras mais “modernas” deste tipo, são as que levam mais do que uma lâmpada e contêm ventiladores, reflectores ou difusores prismáticos. O que distingue os vários tipos destas armaduras, é o tipo de controlo de luz, o número de lâmpadas utilizadas e o tipo de montagem, pois esta pode ser feita já no tecto ou então é de montagem encastrada.

A única armadura utilizada sem qualquer tipo de controlo é a régua de montagem com lâmpadas fluorescentes.



Fig 52 Luminária tipo régua de montagem (www.electrical.pt)

Mas a maioria das armaduras deste tipo incorporam reflectores pintados ou espelhados, com grelhas, lâminas, chapas prismáticas ou difusores opalinos.

Nas armaduras do tipo reflector industrial, o interior da armadura onde está a lâmpada, é feito com reflectores como espelhos, por exemplo.





Fig 53 Reflector Industrial ([www.electriconline.pt](http://www.electriconline.pt))

Numa armadura com difusor opalino, a Luminância é praticamente uniforme em todas as direcções, o que pode ser muito vantajoso ou não, dependendo do espaço em que se a utiliza, porque estas armaduras não têm qualquer mecanismo de controlo direcciona da luz, sendo assim ideais para iluminação geral. Não devem no entanto, ser utilizadas para níveis de Luminância superiores a 250 lux.



Fig 54 Luminária embutida com difusor polímero opalino para lâmpada fluorescente, REKA ([www.reka.com.br](http://www.reka.com.br))

Uma luminária com difusor prismático faz com que a luz seja emitida em várias direcções, mas estas não são controladas. Este facto pode originar encadeamento nos seus utilizadores. Em algumas armaduras deste tipo, os reflectores são desenhados já com um certo ângulo para direccionar a luz numa direcção. Quando é necessário o total encobrimento da luz, são embutidas grelhas na armadura. Estas grelhas ocultam assim as lâmpadas do olhar, mas também servem para reduzir a Luminância da armadura, impossibilitando o encadeamento em certas direcções.

Também se podem utilizar as lâminas para estes mesmos efeitos, mas estas apenas encobrem longitudinalmente.



Fig 55 Exemplo de luminária com difusor prismático da SILHER  
([www.silheriluminacion.com.ar](http://www.silheriluminacion.com.ar))

Existem locais específicos que necessitam de armaduras especiais para uma melhor protecção da lâmpada. Como por exemplo em fábricas, as armaduras estão em constante contacto com poeiras e afins, o que pode danificar a armadura ou a lâmpada, e reduzir o tempo de vida útil destas.

Para estes casos específicos existem dois tipos de armaduras, num deles a lâmpada está “descoberta” e só as ligações á corrente eléctrica estão protegidas através das armaduras, sendo estas estanques. No outro caso, as lâmpadas estão protegidas por um difusor em material plástico, tornando assim a armadura estanque.

Em cada um destes casos, o tipo de vedação vai determinar o seu grau IP, que devemos ter em atenção.



Fig 56 Luminária estanque tipo régua com IP 65 da Electricol ([www.electricol.pt](http://www.electricol.pt))



Fig 57 Armadura estanque com IP 67 da Hermética ([www.consultecasa.com.br](http://www.consultecasa.com.br))

Para áreas com risco de incêndio também existem armaduras preparadas para combater esse problema. Existem dois tipos de armaduras adequadas para esses espaços: a armadura que resiste a uma explosão interna e a armadura que resiste a uma explosão externa à luminária.

No primeiro caso, a armadura é constituída por um material que impede, em caso de explosão no seu interior, a propagação dos gases inflamáveis ou explosivos que envolvem a armadura. Nestes casos o corpo da armadura deve ser de aço e o vidro que a envolve deve ser bastante resistente.

No segundo tipo, a armadura é vedada entre o corpo e o difusor, de maneira a impedir que os gases libertados por uma explosão ou incêndio exterior, penetrem na armadura e na lâmpada, o que as pode danificar, ou intensificar o acidente a decorrer, através da libertação dos seus gases. As lâmpadas fluorescentes utilizadas nestes casos

são as lâmpadas fluorescentes TLX. Nestas lâmpadas os terminais são longos e de grande diâmetro, construídos de forma a assegurar o máximo de contacto possível com os suportes.

A directiva ATEX (directiva 94/9/EC) é a lei Europeia para os equipamentos a instalar em ambientes com perigo de explosão, e foi transcrita para a legislação portuguesa pelos Decretos-Lei 112/96 e 262/2003. Dentro deste grupo de ambientes temos as indústrias químicas e petroquímicas, indústrias farmacêuticas, distribuição de carburantes, indústria alimentar, laboração da madeira, centrais térmicas a gás, entre outras. (paginas.fe.up.pt) A marcação deste tipo de armaduras encontra-se na sua embalagem como indica a imagem seguinte.



Fig 58 Indicação de armadura contra perigo de fogo ou explosão (paginas.fe.up.p)

Continuando com as armaduras específicas para certas lâmpadas, temos as armaduras para as lâmpadas de descarga de alta pressão.

Em instalações industriais, onde a montagem das luminárias tem de ser feita em alturas superiores a seis metros, devem ser utilizadas estas armaduras próprias por serem de fácil instalação e manutenção. Para facilitar estes processos, estas lâmpadas são normalmente constituídas por duas partes. Uma parte está ligada ao rector e contém o suporte da lâmpada, enquanto a outra parte contém o balastro, o arrancador, o condensador para compensação do factor de potência, e as ligações eléctricas.

Existem também nestas armaduras reflectores que oferecem um elevado rendimento e uma baixa Luminância. Por outro lado, o seu revestimento de vidro de sílica pura sobre chapa de alumínio permite obter uma elevada resistência à corrosão.

De seguida temos as armaduras para as lâmpadas de halogéneo que são na sua maioria desenhadas para uso residencial. Neste grupo temos os projectores que podem ser direccionados ou não, e são muito utilizados nos interiores para focar certos objectos. Podem ser armaduras salientes ou encastradas, fixas ou orientáveis.

Depois temos as armaduras para lâmpadas fluorescentes compactas que são geralmente do tipo “downlight”. Estes “downlight” são luminárias fabricadas a partir de um disco de alumínio. Este disco pode tomar várias formas e pode ser encastrado ou saliente. Os seus acabamentos podem ser anodizados electroliticamente e posteriormente polidos, ou então metalizados sob vácuo.

Em qualquer destes dois casos de armaduras, os reflectores incorporam a técnica “darklight”, que relaciona o ângulo de *cut-off* da lâmpada e do reflector, para cada lâmpada e diâmetro do reflector. Com esta técnica aproveita-se o rendimento máximo da armadura, pois ela não provoca encadeamento directo e permite um elevado conforto visual. É também uma forma de ter iluminação, sem ver propriamente o elemento que a produz. (paginas.fe.up.pt)

As intensidades luminosas do conjunto lâmpada/luminária podem ser representadas numa superfície complexa, ou seja, de forma geométrica. Obtêm-se as representações no plano das grandezas fotométricas, seccionando a superfície e projectando as secções em planos. Isto dá origem aos diagramas polares.

Uma só fonte luminosa pode ter várias representações no plano, dependendo das secções feitas na superfície complexa. Se fizermos uma secção vertical numa armadura de iluminação, podemos representar os vectores das intensidades luminosas nesse plano vertical, tendo como fonte o centro do diagrama. Cada vector representa a intensidade luminosa máxima nessa direcção, mas para facilitar a sua compreensão, representa-se só a linha que liga as extremidades dos vectores. Essa linha representa uma curva que é simétrica e permite apenas a representação de meio diagrama. (Guerrini, 2008)

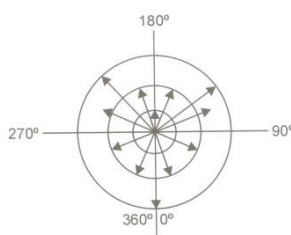


Fig 59 Diagrama polar com vectores (Guerrini, 2008)

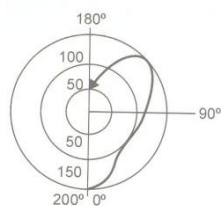


Fig 60 Curva do Diagrama polar (Guerrini, 2008)

Em muitos casos, os diagramas são assimétricos, por exemplo, numa luminária de uma lâmpada fluorescentes, o diagrama vai apresentar dois eixos: o “x” e o “y”. Assim a distribuição da intensidade luminosa é fornecida por duas curvas.

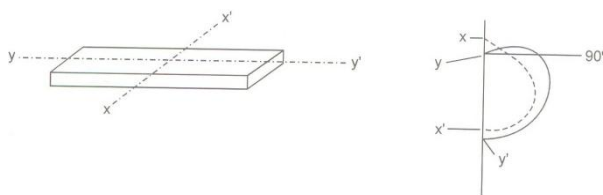


Fig 61 Eixos de simetria (Guerrini, 2008)

A partir dos diagramas polares pode-se definir todos os tipos básicos de distribuição da luz. O fluxo emitido por uma lâmpada vai ser modificado pelas características da respectiva armadura.

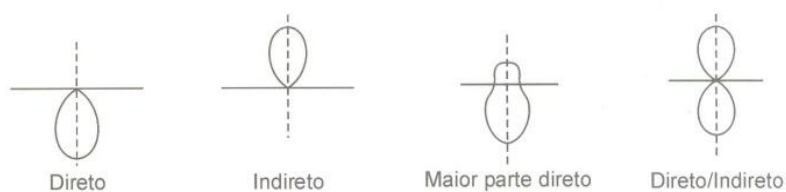


Fig 62 Tipos de distribuição luminosa (Guerrini, 2008)

Também existem os diagramas de isocandelas que funcionam como os diagramas polares, mas não são representados no plano, mas sim numa esfera imaginária, onde se assume que o seu centro é a fonte de luz. Segundo o método de *Benford*, também é possível traçar a sua projecção no plano. A esfera é dividida em linhas paralelas e seus meridianos, e sobre estas são traçadas as linhas isocandelas.



Fig 63 Diagramas de Isocandelas (Guerrini, 2008)

Para auxiliar o cálculo da iluminação exterior por exemplo, é de grande importância a obtenção e traçado das curvas isolux. Estas “(...) representam o lugar geométrico dos pontos de uma superfície onde a Iluminância tem o mesmo valor.” (Guerrini, 2008)

A construção destas curvas é feita através da “Lei de Lambert”. Esta consiste na determinação da curva polar da luminária em questão, e de uma distribuição cartesiana de Iluminância, em função da distância da fonte e da sua altura em relação ao plano a ser iluminado. Calcula-se a Iluminância em vários pontos e a várias distâncias da fonte. Unindo esses pontos obtém-se a distribuição cartesiana.

Existem várias formas de representar as curvas isolux no plano, mas se supormos uma distribuição polar simétrica, é possível desenhá-las por projecção ortogonal.

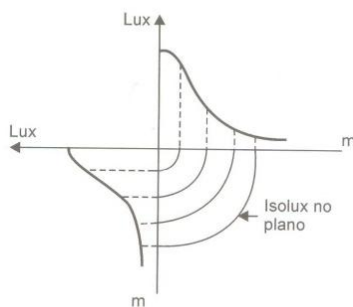


Fig 64 Traçado das curvas isolux (Guerrini, 2008)

## Capítulo X – Avanços Tecnológicos na Iluminação

Com a evolução da tecnologia, foram-se aprofundando conhecimentos e criando novos equipamentos na área da iluminação.

Estes novos mecanismos visam principalmente alcançar mais eficiência energética e mais economia de energia, sendo cada vez mais ecológicos.

Como exemplo deste fenómeno em ascensão temos os LED's, os OLED's, as fibras ópticas, as luzes néon, os fios electroluminescentes, os *glow stick*, e os processos da quimioluminescência e da radioluminescência.

Os LED's, como já foram falados anteriormente, são diodos emissores de luz que vieram revolucionar os tempos que correm ao nível da iluminação. Estão em constante evolução, mesmo de dia para dia. Trouxeram muitas vantagens em relação às lâmpadas tradicionais, e a sua maior vantagem é a sua eficiência energética. É uma “lâmpada” de grande eficiência luminica, e tem um tempo de vida útil superior às lâmpadas existentes. Também oferece a possibilidade de produzir luz com objectos muito pequenos e de várias cores.

A fibra óptica, também já explicada anteriormente, consiste num fio condutor de luz. Fio este que é revestido com um material resistente e á prova de água, dando a possibilidade de inúmeras utilizações em diversos espaços. O seu sistema é composto por um gerador emissor de luz, podendo ser qualquer lâmpada mas normalmente utilizam-se lâmpadas de iodetos metálicos, e por fibras ópticas de vidro ou plástico que transmitem os sinais luminosos, podendo ser envolvidas ou não por uma protecção em PVC. Na extremidade do cabo é usado geralmente um terminal óptico para modificar a superfície iluminada.

Os OLED (*Organic Light-Emitting Diode*), são outra novidade da tecnologia de iluminação. São uma variante orgânica dos LED's e são compostos por diodos orgânicos emissores de luz, que por sua vez são compostos por finas camadas de moléculas de carbono que emitem luz ao receberem carga eléctrica.

Uma das suas várias vantagens é a possibilidade de fornecer luz mais nítida e brilhante nos equipamentos electrónicos, e usar menos energia do que os convencionais LED's, ou os cristais líquidos usados hoje em dia nos LCD's.

Assim como um LED, o OLED é um dispositivo semiconductor de estado sólido que é de 100 a 500 nanómetros de espessura, ou aproximadamente 200 vezes menor do que um cabelo humano.



Este dispositivo apresenta-nos assim uma estética bastante atraente. É reduzido ao máximo no seu tamanho, pode ser utilizado livre de luminárias plásticas ou metálicas, e é um grande economizador de energia.

Os OLED's, assim como os LED's, têm vindo a desenvolver-se rapidamente nos últimos anos, e numa versão mais recente já aparecem com duas ou três camadas de material orgânico, onde a terceira camada é a que ajuda a fazer o transporte dos electrões do cátodo para a camada emissiva.

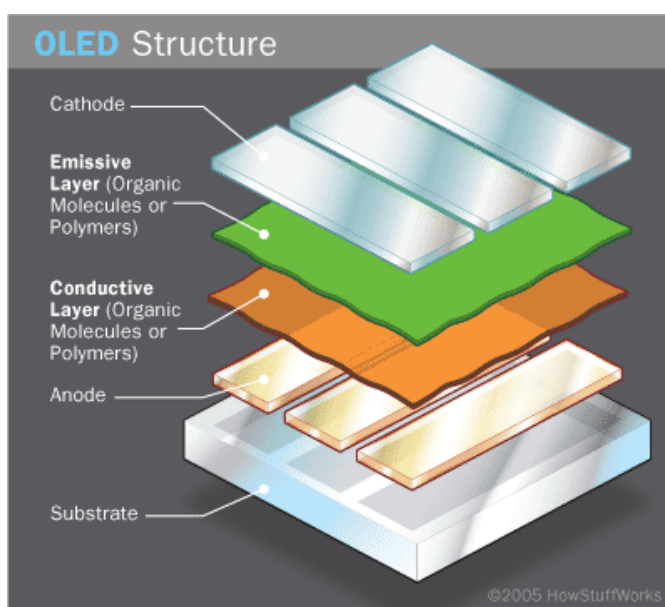


Fig 65 Composição de um OLED  
([electronics.howstuffworks.com](http://electronics.howstuffworks.com))

Um OLED é composto pelas seguintes partes: o substrato, que é uma camada de plástico transparente que suporta o OLED; o ânodo, que serve para remover electrões quando a corrente eléctrica flui através do dispositivo; uma camada condutora, que é composta de moléculas orgânicas; uma camada emissora feita de moléculas orgânicas de plástico que transportam os electrões do cátodo, e uma camada de cátodos, que pode ou não, ser transparente dependendo do tipo de OLED. Esta camada injecta electrões quando a corrente flui através do dispositivo.

Já existem várias formas de fabricar estes dispositivos, sendo que a maior parte da sua produção é feita através da aplicação das camadas orgânicas no substrato. E este processo pode ser feito de três formas.

Uma das formas é através de uma câmara de vácuo, onde as moléculas orgânicas são aquecidas e colocadas como finas películas sobre os substratos já arrefecidos. Mas este processo é muito caro e pouco eficiente.

O segundo processo é através da decomposição orgânica em vapor. Numa câmara de baixa pressão, um gás transporta as moléculas orgânicas evaporadas para os substratos também arrefecidos, onde são condensadas sobre as finas películas. Usar este gás transportador, aumenta a eficiência e reduz os custos de fabrico.

O terceiro processo de aplicação das camadas orgânicas sobre o substrato é através de impressão a jacto. Com a tecnologia de jacto de tinta, os OLED's são pulverizados sobre os substratos, assim como a tinta é durante a impressão em papel. Este processo reduz significativamente o seu custo de produção e permite imprimir sobre grandes áreas de substrato, como ecrãs de televisão ou painéis electrónicos.

Os OLED's emitem luz de forma bastante similar aos LED's, através de um processo chamado de electrofosforescência. A bateria ou fonte de alimentação do dispositivo que contém o OLED, aplica uma voltagem através dele. Essa corrente eléctrica flui do cátodo para o ânodo através das camadas orgânicas, e o cátodo por sua vez, fornece electrões à camada emissiva das moléculas orgânicas. O ânodo remove os electrões da camada condutora de moléculas orgânicas, dando lugar aos fotões, que produzem a luz.

A cor da luz que é emitida depende do tipo de molécula orgânica na camada emissora. Colocam-se vários tipos de filmes orgânicos no mesmo OLED para conseguir as cores. A intensidade ou brilho da luz depende da quantidade de corrente eléctrica aplicada.

Já existem vários tipos de OLED's, os transparentes, os *Top-emitting*, os *Foldable* e os brancos. Os transparentes têm todos os componentes transparentes (substrato, cátodo e ânodo) e, quando estão desligados, são até 85% tão transparentes quanto o seu substrato. Quando um OLED transparente é ligado, ele emite luz dos dois lados, ou seja, em duas direcções opostas, o que pode proporcionar efeitos lumínicos muito interessantes.

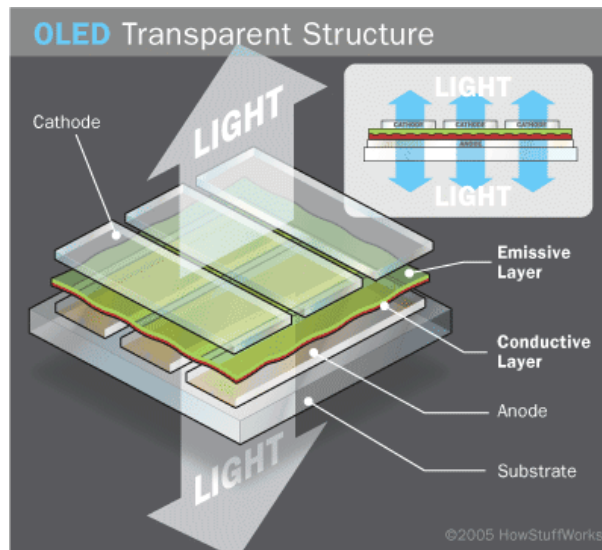


Fig 66 OLED transparente (electronics.howstuffworks.com)

Os OLED's *Top-emitting* contêm um substrato que pode ser opaco ou reflector e emitem luz para cima.

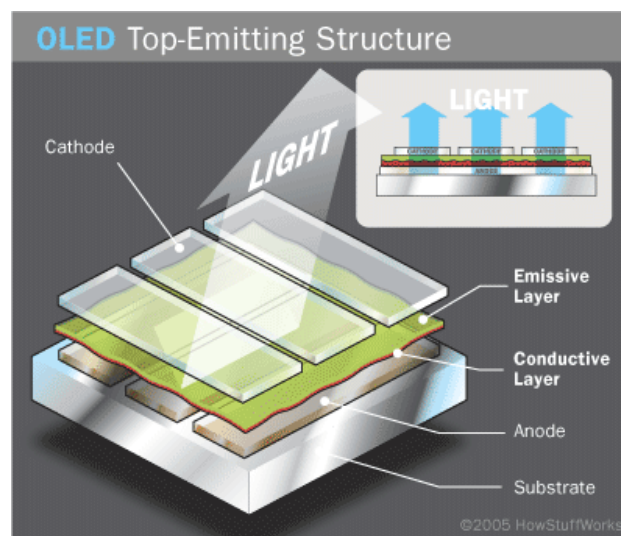


Fig 67 OLED *Top-emitting* (electronics.howstuffworks.com)

Os OLED maleáveis, ou moldáveis, contêm substratos compostos por folhas metálicas ou plásticas, muito flexíveis. São também muito leves e têm um tempo de vida útil

longo. São muito utilizados em telemóveis e outros aparelhos electrónicos, reduzindo assim as possibilidades de ruptura dos ecrãs.

São também estes OLED's que podem ser utilizados no fabrico de roupa, através da sua união, ou simplesmente como adorno em peças de tecido. São as chamadas "roupas inteligentes", pois podem conter chip's de telemóveis, GPS e luz.

Os OLED's brancos, emitem uma luz branca mais brilhante, mais uniforme e mais eficiente energeticamente do que as lâmpadas tradicionais fluorescentes. Também contém uma boa restituição de cores como as lâmpadas incandescentes.

Como os OLED podem ser produzidos em tamanhos grandes, podem substituir as lâmpadas fluorescentes que são utilizadas actualmente em habitações e outros edifícios, levando assim a uma grande redução nos custos de energia.

As vantagens dos OLED são já várias sobre os ecrãs LCD e sobre os LED's: as suas camadas orgânicas são mais finas, mais leves, mais brilhantes e mais flexíveis, os seus substratos são plásticos e não de vidro, pois os de vidro absorvem grande parte da luz.

Outras vantagens importantes são a facilidade de serem produzidos em grandes escalas, o facto de consumirem pouca energia, e a vantagem de atingirem grandes campos de visualização, aproximadamente 170 graus.

Também existem desvantagens da utilização dos OLED's como por exemplo, a sua produção, que é ainda muito cara, o facto de não poder ser usado em contacto com a água, o que condiciona a sua utilização em certos espaços, e a cor azul tem um tempo de vida útil mais curto do que as outras cores. O vermelho e o verde duram das 46.000 às 230.000 horas, enquanto o azul dura somente á volta de 14.000.

Actualmente os OLED's são utilizados em aparelhos electrónicos com pequenos ecrãs, como os telemóveis, os PDA's e as câmeras fotográficas digitais. A marca *Kodak* foi a primeira a lançar um modelo de câmara com um dispositivo OLED. Algumas empresas, como a Sony e a Samsung, têm vindo a desenvolver os OLED's para monitores de computadores e para grandes ecrãs de televisão.

A pesquisa e o desenvolvimento no campo dos OLED's está a desenvolver-se rapidamente e pode vir a atingir o campo da iluminação de escritórios e habitações.

Como os OLED's são de actualização mais rápida do que os LCD – quase 1000 vezes – um dispositivo com um ecrã OLED poderá alterar a sua informação quase em tempo real. As imagens em vídeo podem vir a ser muito mais realistas e constantemente actualizadas. O jornal do futuro poderá conter OLED's que se actualizam com notícias de última hora, e como um jornal normal, poderá ser dobrado.

Penso que a tecnologia LED e OLED são um futuro cada vez mais próximo e que poderão reduzir significativamente o consumo de energia, e o esgotamento dos recursos naturais.

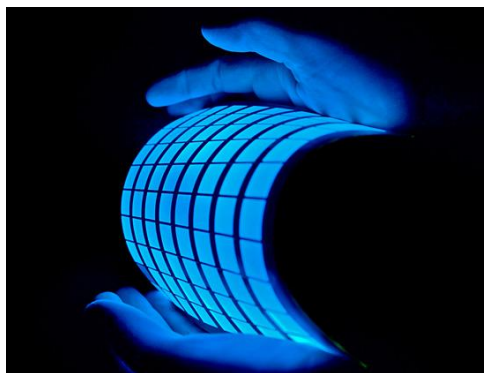


Fig 68 OLED maleável (professorakira.wordpress.com)



Fig 69 Moldura com OLED maleável (blogdoiphone.com)

Dentro das tecnologias da iluminação estão também as luzes néon. Estas, também conhecidas como tubos de néon, são muito utilizadas em decoração, principalmente de exteriores, ou para sinalização de espaços de comércio. Estes tubos são de vidro e contêm um gás rarefeito no seu interior que pode ser uma mistura entre néon e hélio, ou néon e árgon. Existem dois eléctrodos neste tubo, um em cada extremidade da ampola, e ao aplicar-lhes uma tensão suficientemente elevada, o tubo ilumina-se com uma cor que depende do tipo de gás utilizado.

Um facto interessante sobre as luzes néon é que, a tensão necessária para o funcionamento do tubo, depende do comprimento deste, do seu diâmetro e também do gás utilizado. Geralmente são necessários entre 300V a 1.000V por metro de tubo. A tensão é obtida directamente da rede ou usando um transformador.

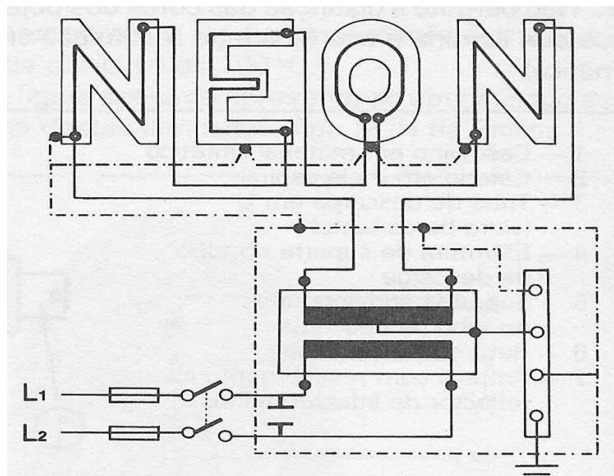


Fig 70 Circuito de lâmpada de néon ([www.prof2000.pt](http://www.prof2000.pt))

A cor da luz emitida depende da composição da mistura gasosa e da cor do vidro do tubo. Com néon puro e tubos incolores obtém-se uma luz vermelha, e com outras misturas obtém-se uma luz azul. O néon usa-se também em lâmpadas de luz fluorescente, lâmpadas de aviso para equipamento electrónico, lâmpadas estroboscópicas para controlo de movimento de máquinas, lasers e ainda, no enchimento de contadores de cintilação, câmaras de ionização e outros dispositivos de detecção de radiação.

Outra inovação no mundo da iluminação é o fio electroluminescente. Este é composto por um pó fosforescente, que por sua vez faz com que baste uma pequena voltagem de corrente, para que este emane uma luz brilhante. O fio é composto por um cabo revestido por uma película. Estes usam corrente alternada, mas que pode ser invertida para corrente contínua, com um inversor.

O fio electroluminescente pode assim conter várias cores, servir para efeitos decorativos, e também para criar luzes de fundo. ([www.elwire.com](http://www.elwire.com))



Fig 71 Disco *Chair*, feita com fios electroluminescentes ([www.meionorte.com](http://www.meionorte.com))

De seguida, temos os *glow stick*, que também são chamados de *lightsticks* que, como o próprio nome indica, são tubos que emanam luz. Estes são usados para diversas actividades, sendo a mais comum as festas, como objectos de decoração, pois estes tubos são maleáveis podendo tomar várias formas.

São constituídos por um tubo de plástico com um tubo de vidro no seu interior. A luz surge quando se dobra o tubo partindo assim o de vidro, que por sua vez liberta os químicos no seu interior que se vão misturar com os químicos do tubo de plástico. Esta junção das substâncias químicas vai dar lugar a uma reacção que liberta luz, fazendo com que o tubo brilhe de acordo com a cor do tubo de plástico. ([chemistry.about.com](http://chemistry.about.com))

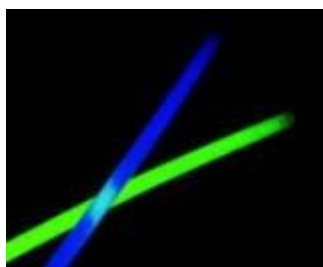


Fig 72 *Glow Stick* ([chemistry.about.com](http://chemistry.about.com))

Por fim, como curiosidade, temos os processos de quimioluminescência e de radioluminescência. Não sendo fontes de luz, são processos de obtenção de luz.

A quimioluminescência baseia-se em emissão de luz sem produção de calor em consequência de uma reacção química. Como por exemplo, existe a reacção entre o luminol

e o peróxido de hidrogénio. Isto acontece quando os electrões de um átomo recebem energia, saltam para camadas externas e depois voltam para as mesmas camadas mais internas. Quando voltam, libertam energia na forma de luz, como os fogos de artifício. ([www2.ucg.br/cbb/professores](http://www2.ucg.br/cbb/professores))

A radioluminescência baseia-se na produção directa ou indirecta de luz por uma ou mais radiações. ([www.dicionarioweb.com.br](http://www.dicionarioweb.com.br)) Os objectos que produzem este tipo de luz são cintilantes e podem ser definidos como materiais inorgânicos luminescentes que absorvem radiação ionizante, e convertem a energia desta radiação em luz. Estes materiais cintilantes podem ser aplicados na medicina nuclear, na dosimetria<sup>5</sup> e na indústria.

Muitas experiências estão sendo efectuadas com a radioluminescência, com vista a testar as suas capacidades. Uma delas foi a estimulação utilizando radiação  $\beta$  a uma taxa de 0,45 Gy/min, e as curvas monocromáticas medidas entre 10 e 300K mostraram uma banda de emissão entre os 400 e 650nm, com picos mais intensos em 520 e 610nm. ([www.sbf1.sbfisica.org.br](http://www.sbf1.sbfisica.org.br))

---

<sup>5</sup> “Sistema farmacêutico de preparar os medicamentos em grânulos que encerram todos por igual a mesma quantidade do princípio activo de cada substância medicamentosa.” ([www.priberam.pt](http://www.priberam.pt))



## Capítulo XI – Aplicação Prática

A aplicação prática deste trabalho de investigação foi executada no projecto de reabilitação do Teatro Capitólio. A intenção foi trabalhar as zonas de estar dos espaços públicos de teatro, com o objectivo de criar ambiências agradáveis que proporcionem momentos de qualidade propícios á socialização do público.

Tenho a referir que foram analisados alguns casos de estudo, dando ênfase ao edifício da Filarmónica de Berlim como sendo um exemplo de arquitectura moderna orgânica que foi pensada em consenso com todos os elementos técnicos necessários para o seu bom funcionamento. É de referir que todo o projecto de electrotecnia da grande sala de espectáculos foi projectado pela empresa alemã de iluminação *Osram*.

A Filarmónica de Berlim foi projectada pelo arquitecto alemão Hans Scharoun (1893-1972) sendo inaugurada em 1963. Apresenta-se como um edifício moderno inspirado em formas orgânicas e futuristas, que veio a substituir o edifício original destruído durante a Segunda Guerra Mundial.

O projecto apesar de parecer complexo, baseia-se num programa muito directo e simples, em que a grande sala de concertos situa-se no centro do edifício e tudo o resto desenvolve-se á volta desta. Existe ainda um auditório de pequenas dimensões com capacidade para 1200 pessoas enquanto a sala principal tem capacidade para 2500 pessoas.

No auditório principal, o palco situa-se no centro da sala enquanto o público se distribui em redor deste em plataformas cujas posições e formas foram estudadas de modo a produzir a melhor acústica possível para este espaço. O tecto também foi projectado com uma forma côncava com o objectivo de projectar o som por toda a sala.

No seu exterior apresenta fachadas dinâmicas que estabelecem uma relação com o Jardim Zoológico de Berlim, localizado a norte da Filarmónica, enquanto as fachadas em metal inclinadas e curvilíneas imitam o desenho da passagem florestal ao seu redor, até pelas cores utilizadas como os tons de amarelo e terra.



Fig 73 Grande auditório Filarmónica de Berlim ([www.archdaily.com](http://www.archdaily.com))



Fig 74 Fachada principal Filarmónica de Berlim ([www.archdaily.com](http://www.archdaily.com))

Como já foi referido, antigamente a ida ao teatro era vista como um acontecimento social, um evento para o qual as pessoas iam não só para a experiência cultural, mas também para socializar com outras pessoas. Os intervalos nas peças de teatro eram muito mais longos chegando a atingir o tempo de uma hora a uma hora e meia de duração. Actualmente são cada vez mais curtos, não dando a hipótese de interacção entre as pessoas como outrora.

Serroni, J.C. (2002) um autor brasileiro que escreveu sobre a história dos teatros brasileiros em *Teatros: uma memória do espaço cénico no Brasil*, descreve bem no prólogo a importância dos teatros ao longo dos tempos, “Teatros são mais que espaços onde a vida se desenvolve, com todas as suas imagens e todas as suas linguagens. São mais que edifícios marcantes do tecido urbano. São símbolos de uma organização social, de uma cultura. Assim, constituem marcos do tempo, sinais da História. As ruínas dos antigos

teatros gregos e romanos, por exemplo, permitem-nos vislumbrar o dia-a-dia de muitos séculos atrás.” (Serroni, 2002)

Por estas razões e pelo desejo de trabalhar a luz artificial em crescente desenvolvimento tecnológico, foi dado ênfase a todos os espaços do edifício de teatro que não só o palco ou a sala de espectáculos, sendo estes sem dúvida os elementos centrais deste edifício, porque um edifício com esta função não “vive” sem o público, porque “Mesmo vazio, um teatro conta histórias.” (Serroni, 2002)

## XI.1- O Teatro Capitólio



Fig 75 Teatro Capitólio (2007) (suggia.weblog.com.pt)

O Teatro Capitólio situado no Parque Mayer em Lisboa, é uma referência no contexto da produção arquitectónica nacional que se encontra actualmente em reabilitação, projecto este levado a cabo pelo arquitecto Alberto Souza Oliveira. O Teatro Capitólio passará a chamar-se então, Teatro Raul Solnado.

A sua localização no Parque Mayer, é uma característica favorável devido a toda a história deste espaço, e á sua posição central em relação á cidade de Lisboa, de onde é visível a Avenida da Liberdade e a Rotunda do Marquês de Pombal, conferindo assim, grande importância a este local.

A sua construção original é de 1931, com projecto do Arquitecto Luís Cristino da Silva (1896-1976), e foi considerada uma das primeiras obras do Modernismo em Portugal.

Luís Cristino da Silva, nasce em Lisboa a 21 de Maio de 1896, filho de João Ribeiro Cristino da Silva (pintor) e de Maria de Antónia Augusta de Almeida Carvalhosa e Silva. (Fernandes, 1998) Concluiu o curso de Arquitectura na E.B.A.L. em 1919, e de seguida vai para França e Itália para aprofundar conhecimentos na área, tendo em Paris a orientação dos mestres Victor Laloux e Maresquier. Foi esta experiência de vida que lhe permitiu alargar horizontes e entrar em contacto com a realidade arquitectónica em crescente desenvolvimento no resto da Europa. Quando regressou a Portugal, torna-se um arquitecto mediático logo com a sua primeira obra – o Teatro Capitólio – que consequentemente é considerada a primeira obra do movimento moderno nacional. (Fernandes, et al., 1991) Na

mesma altura desenhou e executou igualmente a entrada principal no Parque Mayer. (Fernandes, 1998)

O Teatro Capitólio está classificado como Imóvel de Interesse Público, desde 24 de Janeiro de 1983, está registado no Docomono Ibérico desde 1996, e foi também seleccionado para a lista *World Monuments Watch – 100 Most Endangered Sites* de 2006. ()

Desde a sua construção inicial que sofreu inúmeras alterações, não só ao nível de construção como também ao nível de função. Na sua cobertura já houve projecção de cinema, um ringue de patinagem, e até uma discoteca.

Quanto á sua caracterização formal, o Cine Teatro Capitólio caracteriza-se por um corpo de planta rectangular, que se desenvolve longitudinalmente. Nas laterais encontram-se anexados mais dois corpos paralelepípedicos que constituem os foyers laterais, bem como um outro volume anexo ao alçado nascente, que constitui o armazém. A cobertura do grande volume rectangular é de duas águas, enquanto a dos volumes restantes é plana.

O volume que engloba o palco, os camarins e todas as zonas técnicas, é saliente em relação ao volume principal (corpo rectangular), realçando a entrada dos artistas. Este volume é o mais alto, tocando no telhado de duas águas do volume principal.

No interior destaca-se a sala de espectáculos com proscénio e palco, uma plateia inferior e um balcão superior, onde se encontram os camarotes e mais uma plateia, perfazendo um total de 1400 espectadores, contando com os lugares dos 16 camarotes.

Na entrada principal é de destacar os acessos verticais que dão aceso ao piso superior, á direita a escadaria, à esquerda existia a rampa rolante, que mais tarde deu lugar a um arquivo. Nos corpos laterais destacam-se também os acessos verticais através de escadas que comunicam com o balcão superior, e a horizontalidade dos vãos que se repete em ambos os pisos.

As fachadas apresentam um desenho austero de linhas verticais e horizontais, notando-se nos alçados laterais a existência de 5 níveis, onde predominam os vãos horizontais, contrapondo com a fachada principal onde predominam as linhas verticais, acentuadas por um plano paralelepípedico vertical envidraçado, que assenta numa pala horizontal que marca a entrada principal no edifício. Entrada esta enquadrada por dois pilares destacados da fachada. (Fernandes, 1998)

A sua reabilitação feita pelo Arquitecto Alberto Souza Oliveira irá tornar este edifício emblemático num espaço para teatro, música e dança. Na minha concepção para este espaço, pensei numa maior concentração das suas funções, e não na obtenção de várias actividades diferentes no mesmo espaço, pois penso que um espaço para ser bem

conseguido na sua *performance* terá de responder a poucas necessidades para realizar um bom trabalho. Assim sendo, neste projecto de reabilitação do Teatro Capitólio propõe-se o edifício sirva só para teatro, projecção de cinema, e eventualmente a realização de concertos. Como forma de reavivar a memória da inovação que foi a projecção de cinema ao ar livre na cobertura do Teatro Capitólio, criou-se um espaço exterior, na fachada Oeste do edifício, para projecção de filmes ao ar livre.

Para a realização deste projecto teve-se em conta a sua localização no Parque Mayer, um tanto problemática, pois é uma zona de Lisboa deixada ao abandono, uma zona desactivada. Só se encontra actualmente em funcionamento o Teatro Maria Vitória e um estabelecimento de restauração. O projecto urbanístico será executado pelos Arq<sup>os</sup> Aires Mateus, incluindo também na intervenção, o Jardim Botânico.

A história do Parque Mayer remonta até aos anos vinte aquando da aquisição do seu grande terreno, por parte da Sociedade Avenida Parque, Lda., aos herdeiros de Adolfo Lima Mayer, junto com o palacete de Artur Brandão na Rua do Salitre, “(...) dizia-se á boca pequena que pela elevada soma, para o tempo, de novecentos contos (...)”, segundo disse Félix Ribeiro. (Ribeiro, 1978)

O parque foi então inaugurado a 15 de Julho de 1922, por Luiz Galhardo e pela Sociedade Avenida Parque, como sendo um recinto de diversões para a população lisboeta. Inicialmente seria um parque para albergar diversas actividades ligadas não só á vida nocturna, mas também com actividades durante o dia, mas acabou por se restringir somente ao teatro. Começou com o Teatro Maria Vitoria, inaugurado a 1 de Julho desse ano, e com o “Pavilhão Português” que se tratava de um teatro ao ar livre “(...) de muito bom aspecto, que era a tenda de lona esverdeada rodeada de limpa areia vermelha, recinto de cinema aberto no próprio momento da inauguração e no local correspondente, sensivelmente, à zona hoje ocupada pelo Teatro Maria Vitória (...)” (Ribeiro, 1978), como relatou Félix Ribeiro, sendo este logo o primeiro a fechar em 1950, dando lugar mais tarde, em 1956, ao Teatro ABC. Juntou-se-lhes em 1926 o Teatro Variedades e o Capitólio em 1931.

O seu aspecto actual nada tem de atractivo, se não as memórias de um passado distante. Os tempos em que o Parque Mayer era uma zona de entretenimento cultural e de vida nocturna activa. Dele só restam as memórias dos que por lá passaram e dos artistas que lá actuaram.

Como futura arquitecta acho importante respeitar o valor de pré-existências, e este edifício tem uma forte carga sentimental para a população lisboeta e para a comunidade artística. Como disse José Manuel Fernandes acerca do Teatro Capitólio, “ Trata-se de um factor edificado de uma pré-existência, essencial para o futuro deste local, tão ou mais

importante como o teatro, o jogo, o Jardim Botânico ou a necessária renovação urbana do local.” (Fernandes, 2005)

É portanto objectivo no projecto, preservar a memória do Capitólio o mais fiel possível ao seu projecto original, mas com algumas alterações a nível formal, como os acessos, as circulações e os serviços, visando responder a todas as necessidades do teatro.



Fig 76 Fotografia do Teatro Capitólio (2010)



Fig 77 Fotografia do alçado Sul (2010)

## **XI.2 – Projecto de Reabilitação do Teatro Capitólio**

Neste projecto a principal preocupação foi preservar a memória do Teatro Capitólio e recuperar o máximo possível do que resta do edifício.

Assim sendo, foi possível manter a sua fachada principal e paredes adjacentes, tal como todos os elementos estruturais da sala de espectáculos, nomeadamente os pilares, as vigas e as paredes. Conservaram-se igualmente as cotas de pavimento e de cobertura. (Vêr anexo parte B, Portfólio)

A nível da sua função, foi mantida a memória de cine-teatro, sendo um espaço para actuações de teatro e exhibições de filmes, havendo também a possibilidade de se realizarem concertos musicais. No seu exterior, mais especificamente na fachada Oeste, existe uma área para projecção de filmes ao ar livre, onde o público se posiciona numa zona em patamares a céu aberto, que liga a cota do Jardim Botânico á cota do Parque Mayer.

Entra-se no edifício pela sua entrada original na fachada Este, através de uma escadaria forrada a pedra. É de salientar que foi pensada a circulação e o acesso a todos os pisos do edifício por parte de pessoas com necessidade de utilização de tecnologias de apoio. Começando pela escadaria principal, onde originalmente se encontravam as bilheteiras (no pilar esquerdo da entrada) propõe-se uma plataforma elevatória que permite o acesso directo da cota do terreno ao hall de entrada principal. No pilar do lado direito mantém-se a função de bilheteira. Existe ainda outra plataforma elevatória para fazer a ligação do *foyer* á sala de espectáculos.

No hall de entrada mantiveram-se as ligações verticais aos pisos superiores, através de duas escadarias laterais. No foyer principal, que antecede a entrada directa na plateia inferior da sala de espectáculos, encontram-se dois elevadores. Neste espaço pretende-se ter uma pequena zona de estar para ser habitada antes dos espectáculos e nos intervalos, existindo nos nichos da parede que liga este espaço á sala, uma pequena exposição de fotografias antigas do Teatro Capitólio, de forma a relembrar a sua vivência passada. Ainda neste foyer situam-se as instalações sanitárias divididas em femininas e masculinas, em lados opostos do espaço.

Na grande sala de espectáculos predomina o uso de painéis de madeira e alguns apontamentos de carpete acústica na zona das cadeiras. É de dar ênfase ao novo tecto criado, sendo este ondulado com objectivo de melhorar a acústica.



As primeiras três filas da plateia (as mais próximas do palco) situam-se em quatro plataformas elevatórias controladas por meios mecânicos, criando assim o fosso da orquestra.

Foram mantidas as naves laterais do segundo projecto de alterações (1935/36), da autoria do Arquitecto Luís Cristino da Silva onde se preserva a função de foyer com o propósito de criar mais duas zonas de estar para proporcionar ao público momentos de convívio. Nestes foyers laterais também se fazem os acessos verticais aos camarotes existentes no piso superior da grande sala. Neste piso situam-se mais duas instalações sanitárias (femininas e masculinas) e a plateia superior.

No segundo e último piso existe um bar/cafetaria que pretende-se que funcione também fora das horas dos espectáculos. Em cada patamar das escadarias laterais que atravessam os três pisos, existem pequenas zonas de estar para permitir a interacção social entre o público.

Do último e terceiro volume deste edifício fazem parte a zona técnica e privada. A entrada dos actores faz-se pela fachada Oeste directamente para uma sala de convívio. A esta cota encontram-se duas entradas laterais no palco, dois camarins de troca rápida e uma oficina/carpintaria para a concepção dos cenários. Este volume é percorrível verticalmente através de duas caixas de escadas e dois elevadores laterais ao palco.

No segundo piso destacam-se os camarins individuais e colectivos e duas entradas laterais para a primeira varanda técnica, o que permite o acesso e manutenção de toda a parte técnica correspondente ao palco e cenários, assim como à varanda exterior na fachada Oeste onde irão projectar-se os filmes ao ar livre.

No terceiro e último piso, encontram-se duas salas destinadas a arrumos e arquivos, dois escritórios, uma sala de reuniões e uma casa de banho, que irão alojar toda a parte administrativa do cine-teatro. Ainda neste piso existem mais duas entradas laterais na segunda varanda técnica sobre o palco.

Junto às salas administrativas destaca-se uma entrada directa para o terraço que serve a esplanada do bar, para que todos os trabalhadores ligados ao teatro possam usufruir dos serviços deste e de uma vista esplendorosa sobre o Parque Mayer.

Esta proposta de reabilitação do Teatro Capitólio, tem como principal vantagem a utilização da sua sala de espectáculos para apenas duas funções (cinema e teatro), fugindo ao que usualmente tem sido construído, ou seja, com esta função pretende-se tirar um maior proveito destas duas artes ao contrário do que acontece com os espaços multiusos. É importante realçar a simplificação dos acessos e circulações mantendo a divisão entre público e privado.

### **XI.3 - Simulações com diferentes estratégias de Iluminação**

Para efectuar as simulações com diferentes estratégias de iluminação recorreu-se ao programa *Relux*, um software de cálculo e simulação da iluminação de espaços interiores e exteriores. Este software permite-nos obter os valores exactos da Luminância e da Iluminância por superfícies (paredes, tectos e pavimentos) através de várias representações, como tabelas, gráficos, plantas com a representação das isolux, entre outros grafismos possíveis. Possibilita-nos estes resultados através da representação do espaço em planta e da escolha das armaduras de iluminação e respectivas lâmpadas.

Realizaram-se então, várias simulações nos espaços interiores de maior permanência do público de teatro, não só na grande sala de espectáculos, mas também em várias zonas de estar reservadas para o tempo dos intervalos.

Através da simulação computadorizada, obtiveram-se os resultados que estão dispostos em anexo (ver anexos parte A e parte B).

Foram realizadas inúmeras experiências, mas apenas serão aqui analisadas duas simulações de cada espaço, tendo sido escolhidos três espaços de zona de estar. Neles variou-se na escolha das armaduras e na escolha das lâmpadas, sendo que a primeira simulação foi feita de forma automática, na qual o próprio programa escolhe a colocação das armaduras. A segunda simulação foi feita de forma manual, em que é o utilizador do programa que escolhe a localização das armaduras.

É de referir que não foram representados os vãos existentes nos espaços, pois no programa só se pretendia o cálculo da iluminação artificial no interior, e não a interferência da luz natural com esta como seria numa situação diurna.

Como primeiro espaço para simular a iluminação artificial de forma automática, foi escolhido o hall de entrada principal, sendo esta uma zona de grande concentração de pessoas no início e no fim das exposições. (Ver anexo parte A, anexo1 – simulação 1)

A armadura escolhida para a entrada é a TMX204 2xTL5-80 HFP +GMX555 MB, de 172W, da Philips, que contém duas lâmpadas fluorescentes TL5-80 HFP, e uma distribuição luminosa directa. No seu conjunto esta armadura possui uma eficiência luminosa de 75% e uma eficácia de 53.63 lm/W. A sua lâmpada possui um fluxo luminoso de 6150 lm (lúmens).

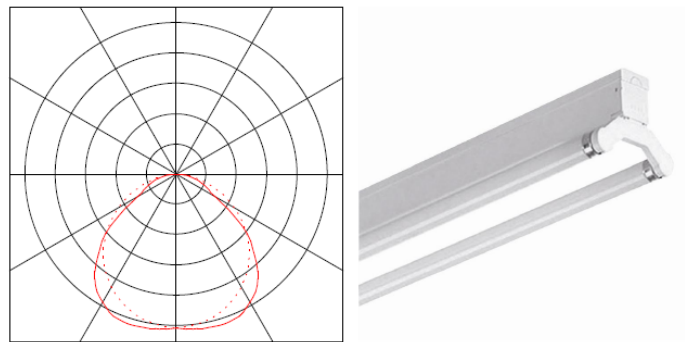


Fig 78 Distribuição luminosa da armadura (Relux)

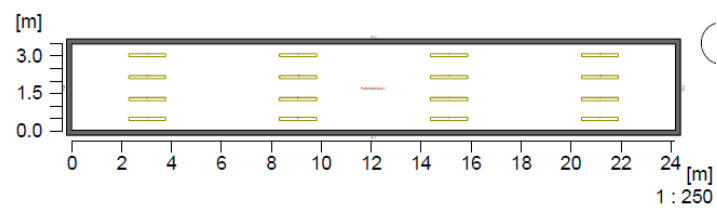


Fig 79 Distribuição das armaduras pelo espaço (Relux)

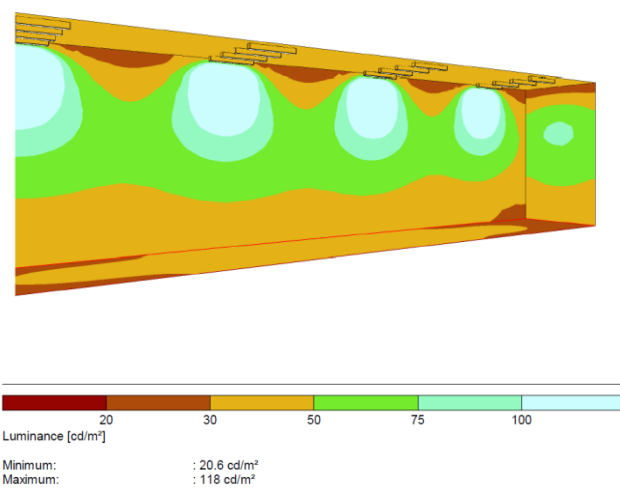


Fig 80 Representação da Luminância por cores (cd/m<sup>2</sup>), (Relux)

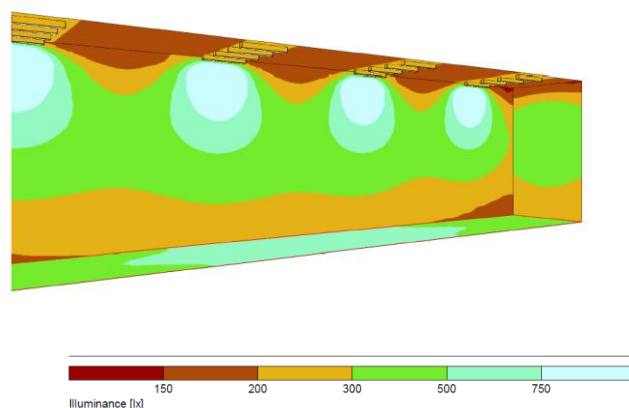


Fig 81 Representação da Iluminância por cores (luxes) (Relux)

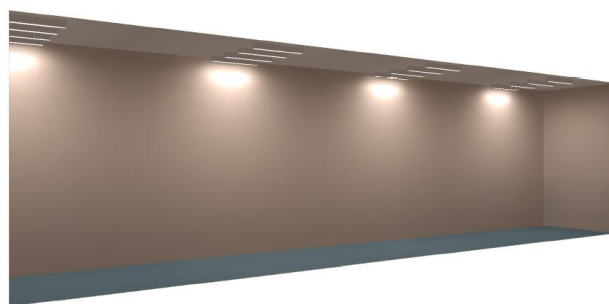


Fig 82 Representação do espaço (Relux)

Com a primeira experiência rapidamente concluiu-se que esta não seria a melhor forma de iluminar o espaço em questão. Isto porque, ao inserirmos de forma automática as armaduras no espaço, o programa automaticamente procura a melhor iluminação de forma homogénea, com vista a iluminar o máximo possível do espaço sem criar grandes degradações de luz.

O que acontece no hall de entrada é que temos um pé-direito muito alto, de seis metros de altura, sendo necessárias muitas armaduras para conseguir iluminar toda a área, e de preferência sendo estas suspensas e não encastradas. Assim o programa inseriu mais luminárias do que as que seriam apreciadas com vista a tornar o espaço agradável.

Na simulação manual (ver anexo parte A, anexo2 – simulação 2), tentou-se apreender o máximo possível com a análise feita às experiências automáticas.

Assim sendo, foram escolhidos dois tipos diferentes de armaduras: um para a zona de entrada e outro para a iluminação das escadas que se desenvolvem nas laterais deste

espaço, e que dão acesso aos pisos superiores. A intenção foi criar diferentes gradações de luz, ao invés de uma iluminação homogênea.

A armadura escolhida para iluminar o hall de entrada é a TPS745 1xTL5C60W HFP, da Philips. Esta armadura possui uma eficiência de 52%, uma eficácia de 40 lm/W e uma potência de 65W, estando equipada com uma lâmpada fluorescente TL5C60W/840 que contém um fluxo luminoso de 5000 lm. No conjunto, a armadura possui uma distribuição luminosa maioritariamente directa, tendo também uma ligeira distribuição indirecta.

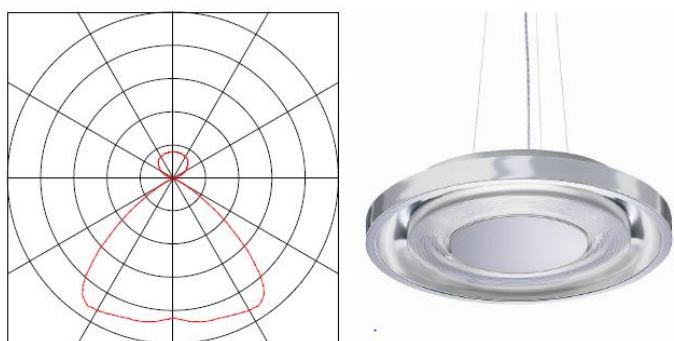


Fig 83 Distribuição luminosa da 1ª luminária escolhida (Relux)

A armadura seleccionada para iluminar as escadas é a FWG262 2xPL-C/4P18W HFP, da Philips. Esta armadura é um applique de parede e possui uma eficiência de 33%, uma eficácia de 20.84 lm/W e uma potência de 38W, estando equipada com duas lâmpadas PL-C/4P18W/8 que contém um fluxo luminoso de 1800 lm. No conjunto, a armadura possui uma distribuição na sua maioria directa, contendo também um pouco de distribuição indirecta.

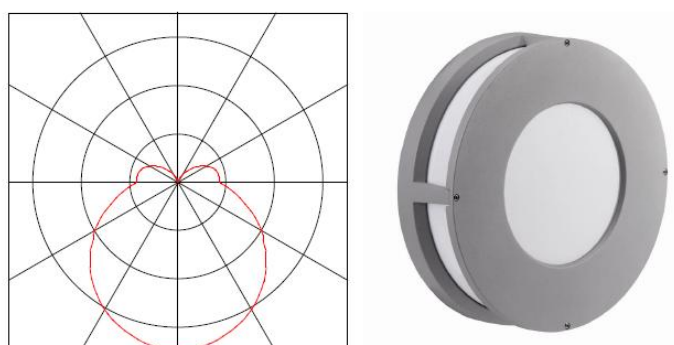


Fig 84 Distribuição luminosa da 2ª luminária escolhida (Relux)

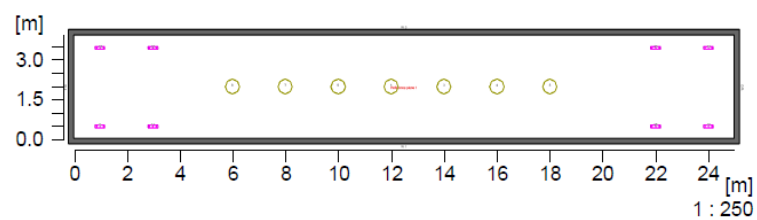


Fig 85 Distribuição das armaduras manualmente (Relux)

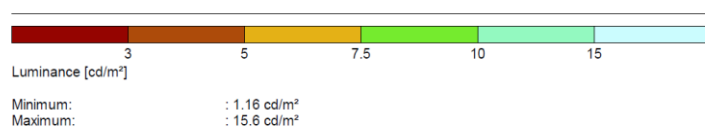
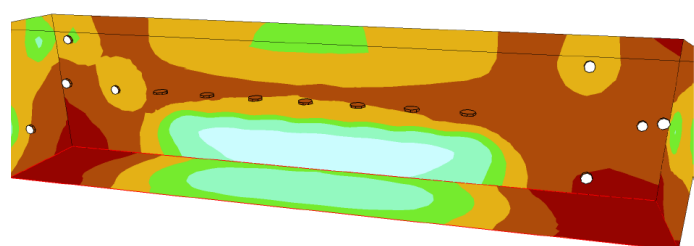


Fig 86 Representação da Luminância por cores (Relux)

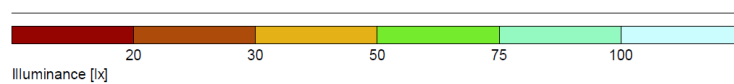
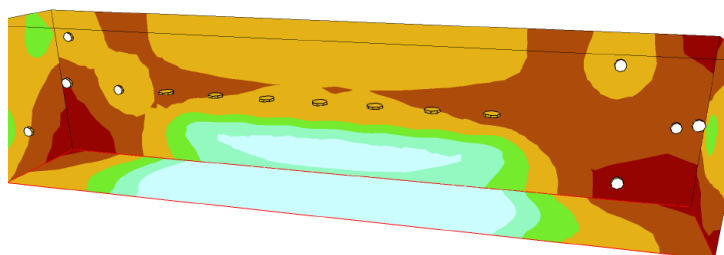


Fig 87 Representação da Iluminância por cores (Relux)

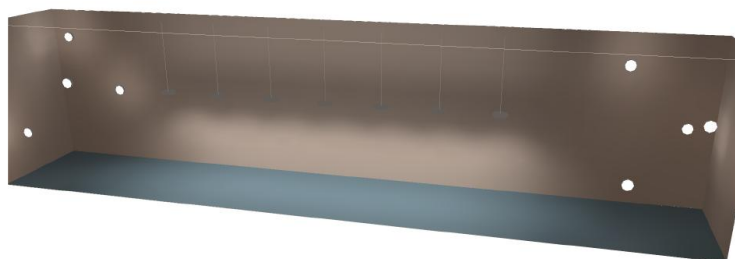


Fig 88 Representação do espaço (Relux)

Nesta segunda experiência foi tentada uma degradação da luz e da sua intensidade luminosa, do centro do espaço (zona mais populosa) para as extremidades (zona das escadas). Assim sendo, foram utilizadas as luminárias suspensas no centro a uma certa distância do tecto, com o intuito de melhorar a iluminação no plano do pavimento, obtendo assim, uma variação entre os 75 e os 100 luxes na zona de maior movimentação.

Na zona das escadas propôs-se uma iluminação mais localizada e que acompanhasse a subida dos vários patamares, sendo esta uma iluminação pontual, regular e directa, obtendo assim á volta dos 50 luxes.

Com esta experiência concluímos que o ideal para iluminar um espaço como este, será mesmo utilizar vários tipos de armaduras diferentes, de acordo com o que se pretende iluminar. Para criar efeitos de gradação de luz, será necessário trabalhar com diferentes intensidades luminosas.

O segundo espaço escolhido foi a zona de estar que se situa á entrada da plateia superior no segundo piso. Para esta zona o objectivo foi criar uma iluminação directa, mas difusa, que não provocasse encadeamento no público á saída da sala de espectáculos, e ao mesmo tempo criar uma iluminação agradável para quem quisesse permanecer nesta zona durante os intervalos. (Vêr anexo parte A, anexo3 – simulação 1)

Assim sendo, para a experiência automática escolheu-se a armadura BWG201 1xLED700/840 da Philips, sendo esta uma armadura que se pode colocar no tecto ou nas paredes como aplique. Contém uma eficiência luminosa de 72%, uma eficácia de 30 lm/W, e uma potência de 24 W. É composta por uma lâmpada LED700/840/-, com um fluxo luminoso de 1000 lm.

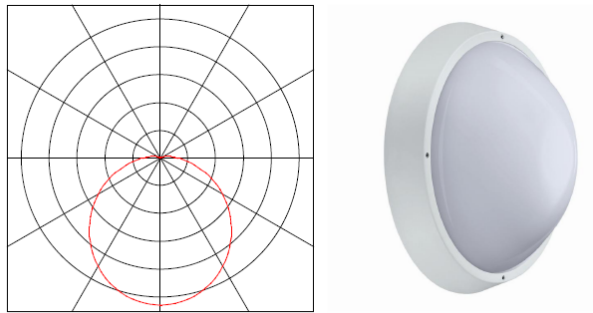


Fig 89 Distribuição luminosa da armadura (Relux)

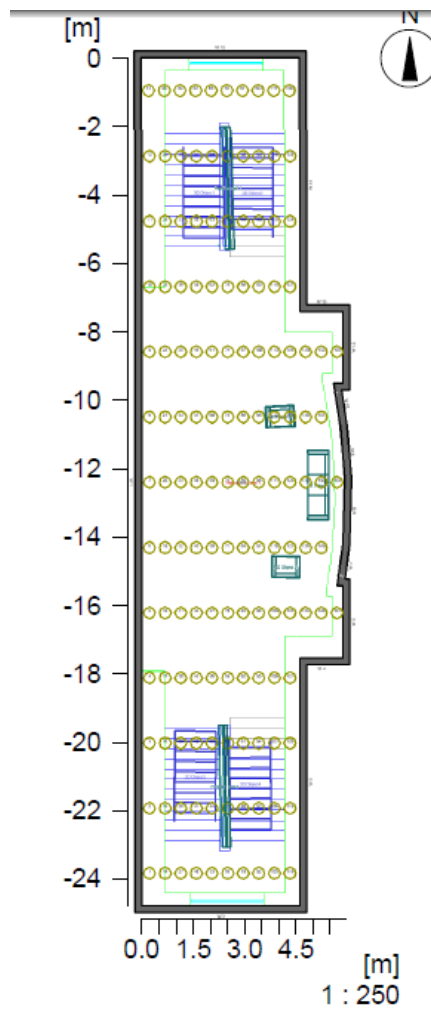


Fig 90 Distribuição das armaduras pelo espaço (Relux)



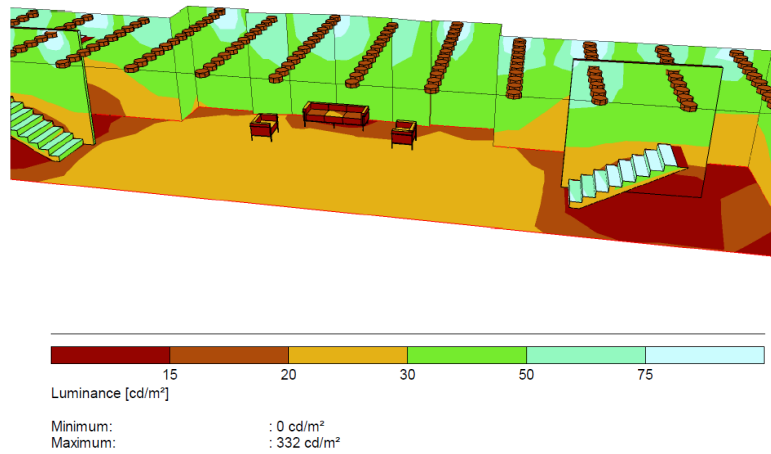


Fig 91 Representação da Luminância por cores (Relux)

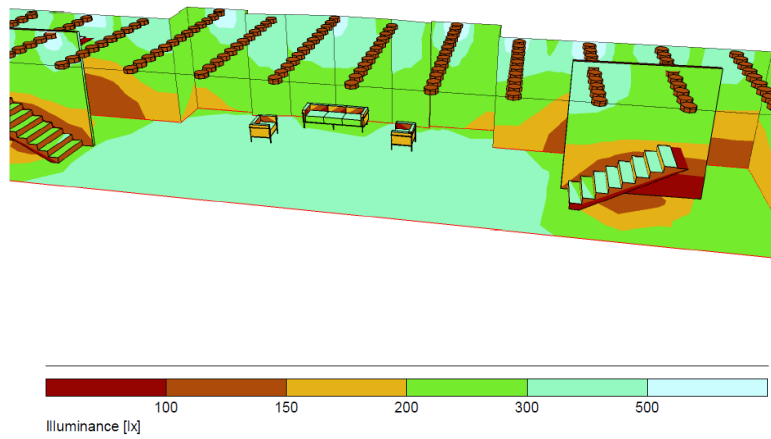


Fig 92 Representação da Iluminância (Relux)

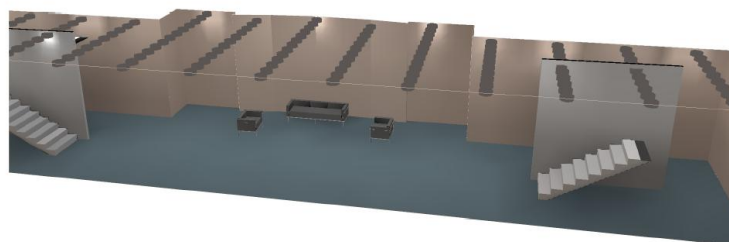


Fig 93 Representação do espaço (Relux)

Com esta experiência, concluiu-se que esta não seria a melhor opção para iluminar esta zona devido, em primeiro lugar, à escolha da armadura. Esta armadura, por conter dimensões pequenas, seria necessária em grandes quantidades para conseguir iluminar o espaço de forma homogênea. Com ela obteve-se à volta dos 500 luxes no centro do espaço, que será a zona de maior concentração de pessoas, não sendo favorável para evitar o encadeamento do público que está a sair da sala de espetáculos.

Na simulação feita manualmente (Vêr anexo parte A, anexo4 – simulação 2) utilizou-se a armadura FPK450 1xPL-H120W HFP WB, da Philips. Esta possui uma eficiência luminosa de 68%, uma eficácia de 46.02 lm/W, e uma potência de 133 W, estando equipada com uma lâmpada PL-H120W/840 com um fluxo luminoso de 9000 lm.

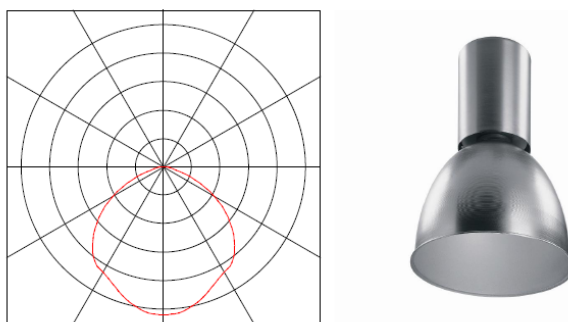


Fig 94 Distribuição luminosa da armadura (Relux)

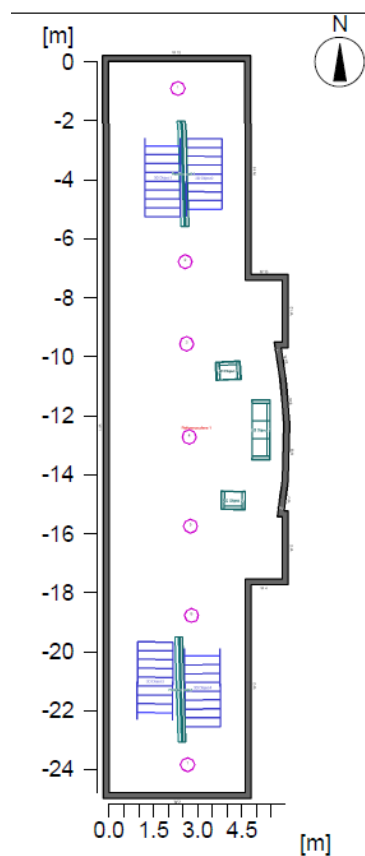


Fig 95 Distribuição das armaduras pelo espaço (Relux)

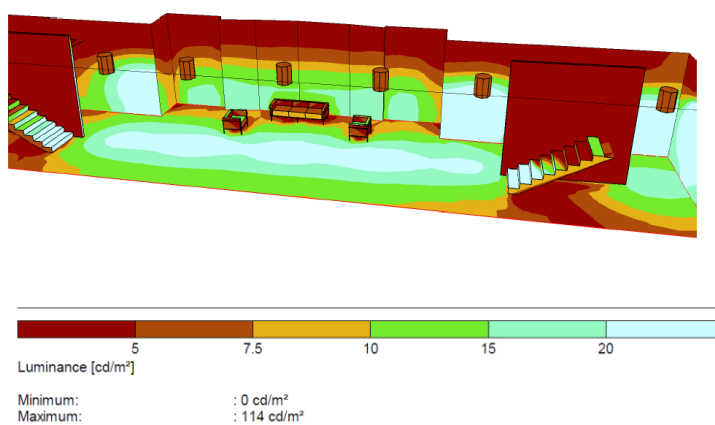


Fig 96 Representação da Luminância por cores (Relux)

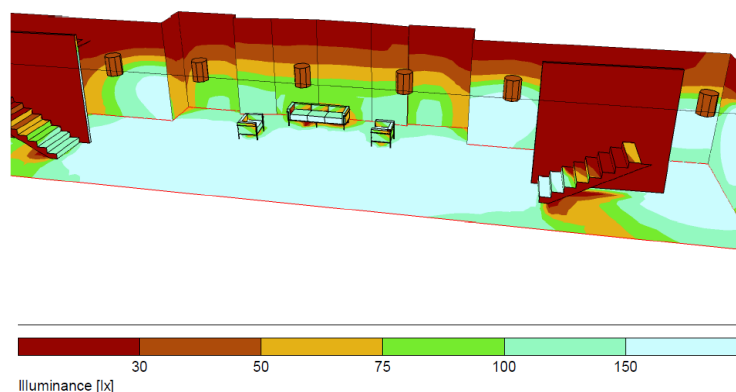


Fig 97 Representação da Iluminância por cores (Relux)

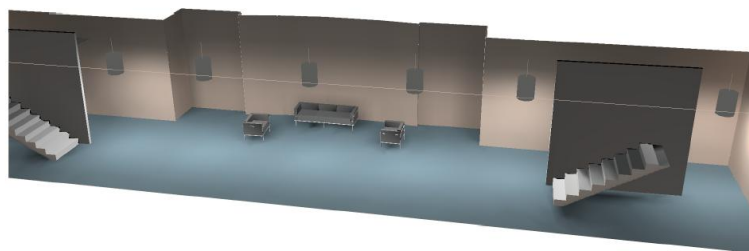


Fig 98 Representação do espaço (Relux)

Com esta simulação manual obteve-se uma distribuição luminosa mais favorável ao local em questão, rondando uma média de 150 luxes no pavimento. Por ser um espaço de transição entre uma zona predominantemente escura, e uma zona clara por necessidade de circulação, era importante não ter uma iluminação muito forte, mas que fosse o suficiente para o público circular e encontrar as vias de saída. Ao mesmo tempo obteve-se uma zona mais escurecida na zona de estar, mantendo uma ambiência agradável convidativa á permanência do público.

A terceira e última zona de estar estudada, foi um dos espaços situados nas naves laterais no piso zero, sendo estes os mais propícios a uma maior concentração de pessoas durante os intervalos, por ter ligação directa com o exterior, e por possuir mais mobiliário. (Vêr anexo parte B, anexo 5 – simulação 1)

Na primeira simulação automática, usou-se a armadura 4MX013 1xSDW-T100W F, da Philips. Esta possui 62% de eficiência luminosa, 26.72 lm/W de eficácia luminosa, e uma

potência de 116 W, estando equipada com uma lâmpada cujo fluxo luminoso possui 5000 lm.

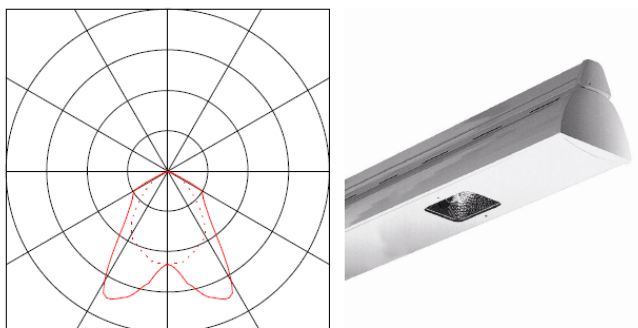


Fig 99 Distribuição luminosa da armadura (Relux)

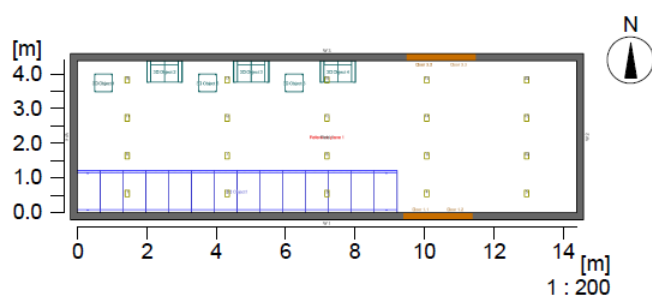


Fig 100 Distribuição das armaduras pelo espaço (Relux)

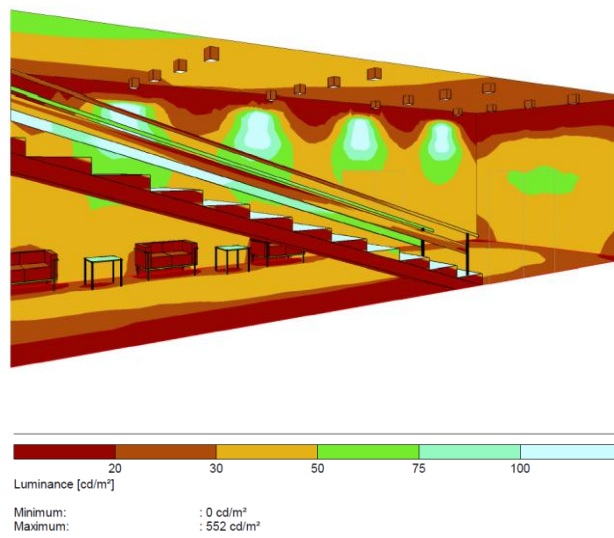


Fig 101 Representação da Luminância por cores (Relux)

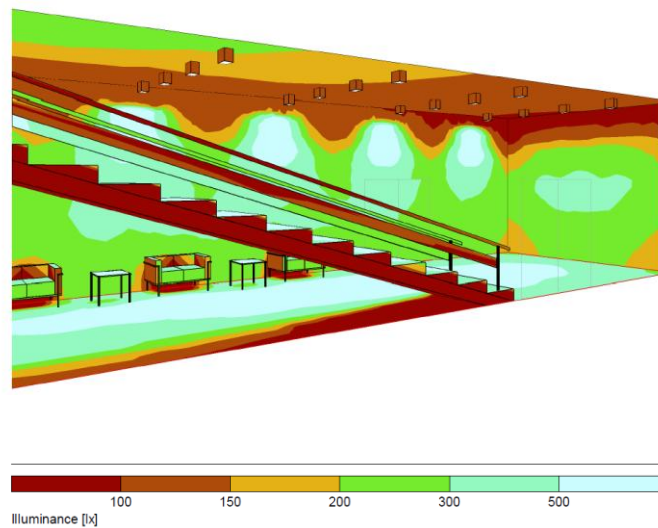


Fig 102 Representação da Iluminância por cores (Relux)



Fig 103 Representação do espaço (Relux)

Com esta simulação automática, os resultados não aparentam ser desagradáveis para o espaço em questão, isto se olharmos para a representação do espaço a três dimensões. Mas se olharmos para a representação tridimensional da Iluminância, vemos que em certas zonas da sala obteve-se uma média de 500 luxes, o que é exagerado para este espaço, pois trata-se de mais uma zona de transição entre o escuro (a sala de espectáculos), e o claro (zona de estar), enfatizando o facto de que esta sala dá acesso directo ao exterior.

Realizando a simulação manual, tentou-se obter uma gradação crescente da iluminação, e ao mesmo tempo propícia à permanência e ao conforto do público, pois este ambiente será um dos mais populosos nos intervalos das exposições. (Ver anexo parte B, anexo 6 – simulação 2)

Assim, utilizaram-se mais uma vez dois tipos de armaduras diferentes. Uma armadura com distribuição directa para a iluminação geral, e uma armadura com distribuição maioritariamente indirecta para as zonas de maior permanência.

Para a iluminação geral, usou-se a armadura TPS772 6xTL5-14W/865/827/865 HFD AC-MLO, da Philips. Possui uma eficiência de 63%, uma eficácia de 44.61 lm/W, uma potência de 96W, e funciona com seis lâmpadas fluorescentes TL5-14W/865/827/865, com um fluxo luminoso de 1133 lm.

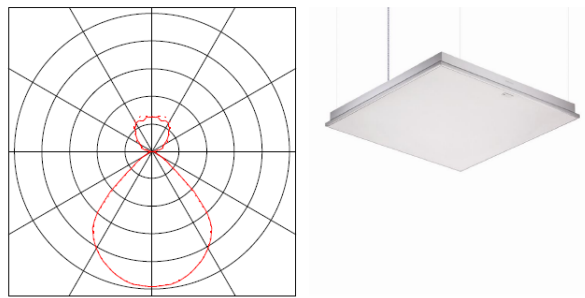


Fig 104 Distribuição luminosa da armadura (Relux)

Para a iluminação localizada foi utilizada apliques na parede com uma distribuição luminosa indirecta. Utilizou-se uma luminária da Mazda, a FWG778 IND 2xPL-L55W HFP. Esta possui uma eficácia de 68.81 lm/W, uma eficiência de 81%, e uma potência de 113 W. Está equipada com duas lâmpadas PL-L55W/840 com um fluxo luminoso de 4800 lm, e possui uma distribuição luminosa indirecta.

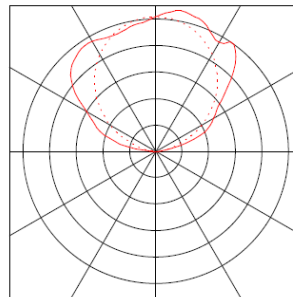


Fig 105 Distribuição luminosa da armadura (Relux)

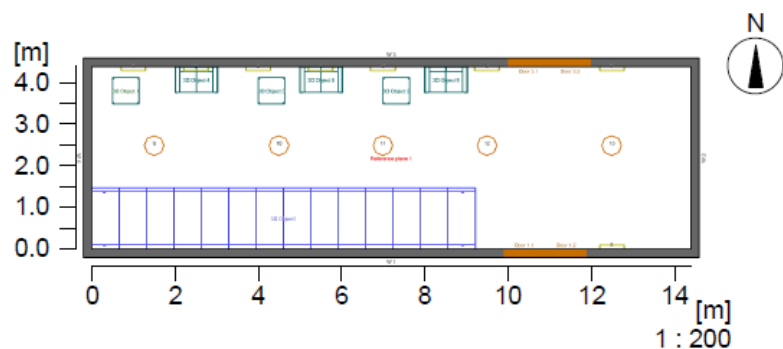


Fig 106 Distribuição das armaduras no espaço (Relux)



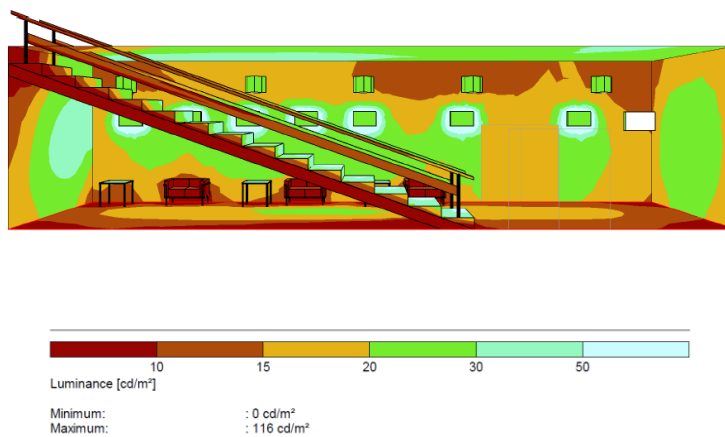


Fig 107 Representação da Luminância (Relux)

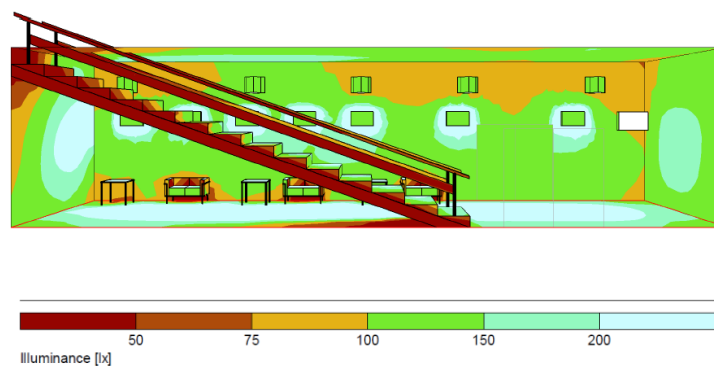


Fig 108 Representação da Iluminância (Relux)



Fig 109 Representação do espaço (Relux)

Com esta solução obteve-se á volta dos 200 luxes no centro da sala e á volta dos apliques. Os apliques como se situam na parede e por cima dos móveis, não produzem encadeamento, mas sim uma iluminação indirecta suficiente para tornar a zona de estar confortável, funcionando também como uma iluminação direccional do espaço.

As luminárias suspensas contêm uma distribuição luminosa predominantemente directa, mas possuem igualmente um pouco de iluminação indirecta o que ajuda a tornar a iluminação obtida um pouco difusa, devido á reflexão nas superfícies primeiro do que incidir sobre as pessoas.

Resumindo, estes três espaços estudados são simultaneamente zonas de permanência e de passagem para outros espaços, sejam eles interiores ou exteriores, mas todos fazem ligação com a sala de espectáculos. Por este motivo não foram escolhidas luzes muito brancas ou muito fortes, para não provocar encadeamento no público. São luzes mais amareladas que coexistem numa iluminação predominantemente indirecta. Estes efeitos foram conseguidos através de armaduras suspensas e salientes que emanam uma maior quantidade de fluxo luminoso para o tecto e paredes do que directamente para o pavimento.

Os resultados pretendidos de criar uma luz que não fosse homogénea ao longo de todo o espaço, que tivesse uma gradação crescente, foram mais facilmente obtidos quando as luminárias foram colocadas manualmente e não automaticamente pelo programa, e quando foram utilizadas dois tipos diferentes de armaduras. Isto acontece porque a intenção do programa é criar espaços bem iluminados de forma homogénea e não obter diferentes efeitos de luz.

Assim, foram escolhidas armaduras e lâmpadas que conjugadas e bem colocadas nos permitissem obter entre os 100 e os 300 luxes, aproximadamente. Sendo 300 luxes o

máximo, este valor é obtido na zona central do espaço, não sendo a zona de maior permanência de pessoas, mas servindo quase como uma zona de passagem da sala de espectáculos para a zona de estar.

É de referir que foram feitas inúmeras experiências e que poderiam ter sido feitas muitas mais, em busca da melhor iluminação destes espaços. Mas não nos podemos esquecer que não existe a “iluminação perfeita”, ou a “iluminação ideal”, mas sim formas de iluminar certos espaços de acordo com as necessidades das pessoas que os habitam.

Assim sendo, foram escolhidas estas simulações apresentadas neste trabalho, para referenciar mais algumas formas de iluminar os espaços públicos de teatro.

## Capítulo XII – Conclusão

Este trabalho consistiu numa proposta de reabilitação do Teatro Capitólio tendo sido simultaneamente estudadas formas de iluminação das suas zonas de estar.

Foram necessários apreender alguns conceitos, definições teóricas e ferramentas de simulação relacionados com o projecto de luminotecnia, para melhor se poder seleccionar um esquema de iluminação das zonas de estar, assim como para escolher os respectivos aparelhos e lâmpadas. As simulações desenvolvidas serviram para perceber os espaços estudados, iluminados com armaduras e lâmpadas com as características testadas no programa *Relux*.

Uma vez realizada a reflexão teórica sobre o tema, e a análise das experiências práticas, foi possível aplicar os conhecimentos obtidos na aplicação prática do projecto de reabilitação do Teatro Capitólio incorporando estes elementos como parte integrante do projecto e assim da experiência espacial.

A intenção do projecto de intervenção neste edifício foi reavivar a sua memória de cine-teatro no centro do Parque Mayer, como um espaço cultural propício ao encontro de pessoas. Manteve-se assim a função do edifício, servindo este para a projecção de cinema, espectáculos de teatro, e eventualmente para concertos de música, estando equipado com um fosso de orquestra.

Foi também intencional reconstruir os foyers laterais á sala de espectáculos, devido á necessidade de clarificar e simplificar os acessos e circulações em todos os pisos.

Na sequência do objectivo de dar um contributo para o trabalho dos profissionais de arquitectura na selecção da iluminação de espaços interiores, concluiu-se que é importante o conhecimento de alguns conceitos e princípios de iluminação assim como o conhecimento de formas de simulação. Com estas ferramentas o projectista pode ter uma melhor percepção e visualização de formas de iluminar os seus espaços para ir ao encontro do conceito espacial pretendido. Ao contrário da luz natural, a artificial é totalmente criada pelo homem sendo assim um elemento que necessita de ser projectado. No espaço de uso nocturno, onde a percepção espacial se deve em grande parte à iluminação artificial o seu papel como elemento de projecto é fundamental e poder-se-á considerar como mais uma variável a merecer a consideração no estudo da experiência espacial e do ambiente a criar.

Com o papel determinante da iluminação artificial na percepção dos espaços interiores do Teatro Capitólio poder-se-á dizer, assim, sem dúvida, que esta é uma arquitectura de luz, pois a sua função não seria cumprida sem ela.

## Bibliografia (segundo a ISO 690 – Primeiro Elemento e Data)

**acervodeinteriores.** <http://acervodeinteriores.com.br/index.php/2010/08/17/um-pouco-sobre-lampadas-incandescentes/>. *acervodeinteriores*. [Online] acervodeinteriores. [Citação: 28 de Maio de 2011.]

**alessandroazuos.blogspot.com.**

<http://alessandroazuos.blogspot.com/2010/07/equipamentos-lampadas-incandescentes-e.html>. *alessandroazuos.blogspot.com*. [Online] [Citação: 23 de Outubro de 2010.]

—. [http://alessandroazuos.blogspot.com/2010\\_07\\_01\\_archive.html](http://alessandroazuos.blogspot.com/2010_07_01_archive.html).

*alessandroazuos.blogspot.com*. [Online] alessandroazuos.blogspot.com. [Citação: 23 de Outubro de 2010.]

**alfaconnection.** [http://alfaconnection.net/pag\\_avsf/luz07](http://alfaconnection.net/pag_avsf/luz07) 1. *alfaconnection.net*. [Online] alfaconnection. [Citação: 18 de Novembro de 2010.]

**Annette Becker, Ana Tostões, Wilfried Wang, org. 1998.** *Portugal: arquitectura do século XX [catálogo]*. München : Prestel, 1998. 3-7913-1910-8.

**architectureideas.inf.** <http://architectureideas.info/2010/04/lamp-types-light-emitting-diode-led/>. *architectureideas.inf*. [Online] [Citação: 5 de Novembro de 2010.]

**Arianepadilha.** <http://arianepadilha.com/2009/12/04/circulo-cromatico/>. *arianepadilha.com*. [Online] arianepadilha. [Citação: 8 de Dezembro de 2010.]

**Arnheim, R. 1995.** *Arte e Percepção Visual: Uma Psicologia da Visão Criadora*. São Paulo : Livraria Pioneira, 1995.

**Ataíde, Maia co-autor e Gonçalves, António Manuel co-autor. 1962.** Monumentos e edifícios notáveis do distrito de Lisboa,. [autor do livro] Junta Distrital. Lisboa : s.n., 1962.

**Becker, Annette, Tostões, Ana e Wang, Wilfried. 1997.** *Arquitectura do Século XX*. Lisboa : s.n., 1997.

**blog.livedesignonline.com.**

<http://blog.livedesignonline.com/briefingroom/2009/01/23/nexus-lighting-led-light-fixtures-featured-in-fontainebleau-miami-beach-1-billion-renovation/>. *blog.livedesignonline.com*. [Online] [Citação: 3 de Novembro de 2010.]

**blogdoiphone.com.** <http://blogdoiphone.com/2009/03/lg-fornecera-telas-oled-para-apple-pista-para-o-proximo-iphone/>. *blogdoiphone.com*. [Online] [Citação: 16 de Outubro de 2010.]

**Bonneville, Maria do Rosário Santos, coord., Summavielle, Elísio, coord. e Cayatte, Henrique, coord. 1991.** *Cassiano Branco: uma obra para o futuro / Pelouro da Cultura da Câmara Municipal de Lisboa*. Porto : Asa, 1991.

**br.osram.info.** <http://br.osram.info/produtos/consumo/fluoresc/>. *br.osram.info*. [Online] br.osram.info. [Citação: 6 de Maio de 2011.]

**Caldas, Prof. Luísa.** Pdf's das aulas de Conforto Ambiental. Iluminação Natural3.

**Cantor, Georg. 1983.** *Optics after Newton: theories of light in Britain and Ireland, 1704-1840.* Manchester : Manchester University Press, 1983.

**casaeimoveis.uol.com.br.**

[http://casaeimoveis.uol.com.br/album/lampadas\\_incandescentes\\_album.jhtm](http://casaeimoveis.uol.com.br/album/lampadas_incandescentes_album.jhtm). [Online] [Citação: 10 de Fevereiro de 2011.]

**chemistry.about.com.**

<http://chemistry.about.com/od/howthingsworkfaqs/a/howlightsticks.htm>. *chemistry.about.com*. [Online] [Citação: 11 de Novembro de 2010.]

**Cohen, B. & Westfall, R. 2002.** *Newton: textos, antecedentes e comentários.* Rio de Janeiro : Contraponto/EdUERj, 2002.

Decreto-Lei Nº 740/74 de 26 de Dezembro.

**Descottes, Herve e Ramos, Cecilia. 2011.** *Architectural Lighting: Designing with Light and Space.* Princeton : s.n., 2011.

**ec.europa.eu.** <http://ec.europa.eu/energy/efficiency/ecodesign/lumen/doc/incandescent-bulbs-pt.pdf>. *ec.europa.eu*. [Online] [Citação: 5 de Março de 2011.]

—.

[http://ec.europa.eu/energy/lumen/overview/howtochoose/interactive/interactive\\_pt.htm](http://ec.europa.eu/energy/lumen/overview/howtochoose/interactive/interactive_pt.htm). *ec.europa.eu*. [Online] [Citação: 5 de Março de 2011.]

**electronics.howstuffworks.com.** <http://electronics.howstuffworks.com/led3.htm>. *electronics.howstuffworks.com*. [Online] [Citação: 14 de Dezembro de 2010.]

—. <http://electronics.howstuffworks.com/oled4.htm>. *electronics.howstuffworks.com*. [Online] [Citação: 16 de Outubro de 2010.]

**esmf.drealentejo.pt.** <http://esmf.drealentejo.pt/pgescola/ricardo8/html/cofi.htm>. *esmf.drealentejo.pt*. [Online] [Citação: 12 de Fevereiro de 2011.]

**Fernandes, José Manuel. 2005.** *7 anos de Lisboa: 1997-2004: arquitectura, património, urbanismo, polémicas / José Manuel Fernandes; rev. Alice Araújo.* Lisboa : Livros Horizonte, 2005. 972-99854-0-5.

—. **1995.** *Cinemas de Portugal.* Lisboa : Inapa, 1995.

**Fernandes, José Manuel da Cruz e Janeiro, Maria de Lurdes co-autor. 1991.** *Arquitectura modernista em Lisboa, 1925-1940: levantamento e classificação de arquitectura modernista na cidade de Lisboa (1925-1940).* Lisboa : Câmara Municipal de Lisboa, 1991.

**Fernandes, José Manuel da Cruz. 1998.** *Luís Cristino da Silva: arquitecto*. Lisboa : Fundação Calouste Gulbenkian, 1998.

**fisicosequimicos.** <http://fisicosequimicos.blogspot.com/2010/06/propagacao-da-luz.html>. [Online]. *fisicosequimicos.blogspot.com*. [Online] fisicosequimicos. [Citação: 24 de Outubro de 2010.]

**França, José Augusto. 1983.** *O modernismo na arte portuguesa*. Lisboa : Inst. de Cultura e Língua Portuguesa, 1983.

**Gannon, Todd. 2002.** *The light construction reader*. New York : The Monacelli Press, 2002. 1-58093-105-7.

**Gordon, Gary. 2003.** *Interior Lighting*. New Jersey : s.n., 2003.

**Guerrini, Délio Pereira. 2008.** *Iluminação Teoria e Projecto*. 2ª . São Paulo : Érica Ltda., 2008. ISBN 978-85-365-0180-2.

<http://acervodeinteriores.com.br/index.php/2010/08/17/um-pouco-sobre-lampadas-incandescentes/>. [Online]

<http://alessandroazuos.blogspot.com/2010/07/equipamentos-lampadas-incandescentes-e.html>. [Online] [Citação: 20 de Janeiro de 2011.]

[http://alessandroazuos.blogspot.com/2010\\_07\\_01\\_archive.html](http://alessandroazuos.blogspot.com/2010_07_01_archive.html). [Online] [Citação: 20 de Janeiro de 2011.]

[http://alfaconnection.net/pag\\_avsf/luz07\\_1](http://alfaconnection.net/pag_avsf/luz07_1). [Online] [Citação: 7 de Dezembro de 2010.]

[http://alfaconnection.net/pag\\_avsf/luz0702.htm](http://alfaconnection.net/pag_avsf/luz0702.htm). [Online] [Citação: 12 de Junho de 2011.]

[http://alfaconnection.net/pag\\_avsf/luz0702.htm](http://alfaconnection.net/pag_avsf/luz0702.htm). [Online]

<http://architectureideas.info/2010/04/lamp-types-light-emitting-diode-led/>. [Online] [Citação: 18 de Fevereiro de 2011.]

<http://arianepadilha.com/2009/12/04/circulo-cromatico/>. [Online] [Citação: 17 de Novembro de 2010.]

<http://blog.livedesignonline.com/briefingroom/2009/01/23/nexus-lighting-led-light-fixtures-featured-in-fontainebleau-miami-beach-1-billion-renovation/>. [Online] [Citação: 17 de Março de 2011.]

<http://blogdoiphone.com/2009/03/lg-fornecera-telas-oled-para-apple-pista-para-o-proximo-iphone/>. [Online] [Citação: 27 de Abril de 2011.]

[http://bosiarquitetura.blogspot.co\)m/](http://bosiarquitetura.blogspot.co)m/). [Online] [Citação: 17 de Junho de 2011.]

[http://bosiarquitetura.blogspot.co\)m/](http://bosiarquitetura.blogspot.co)m/). [Online]



<http://br.osram.info/produtos/consumo/fluoresc/>. *br.osram.info*. [Online] osram. [Citação: 27 de Setembro de 2010.]

[http://casaemoveis.uol.com.br/album/lampadas\\_incandescentes\\_album.jhtm](http://casaemoveis.uol.com.br/album/lampadas_incandescentes_album.jhtm). [Online] [Citação: 8 de Março de 2011.]

<http://chemistry.about.com/od/howthingsworkfaqs/a/howlightsticks.htm>. [Online] [Citação: 6 de Junho de 2011.]

<http://chemistry.about.com/od/howthingsworkfaqs/a/howlightsticks.htm>. [Online] [Citação: 6 de Junho de 2011.]

<http://chemistry.about.com/od/howthingsworkfaqs/a/howlightsticks.htm>. [Online]

<http://ec.europa.eu/energy/efficiency/ecodesign/lumen/doc/incandescent-bulbs-pt.pdf>. [Online] [Citação: 5 de Janeiro de 2011.]

[http://ec.europa.eu/energy/lumen/overview/howtochoose/interactive/interactive\\_pt.htm](http://ec.europa.eu/energy/lumen/overview/howtochoose/interactive/interactive_pt.htm). [Online] [Citação: 5 de Janeiro de 2011.]

<http://electronics.howstuffworks.com/led3.htm>. [Online] [Citação: 27 de Abril de 2011.]

<http://electronics.howstuffworks.com/oled1.htm>. [Online] [Citação: 12 de Junho de 2011.]

<http://electronics.howstuffworks.com/oled1.htm>. [Online]

<http://electronics.howstuffworks.com/oled4.htm>. [Online] [Citação: 27 de Abril de 2011.]

<http://esmf.drealentejo.pt/pgescola/ricardo8/html/cofi.htm>. [Online] [Citação: 19 de Fevereiro de 2011.]

<http://fisicosequimicos.blogspot.com/2010/06/propagacao-da-luz.html>. [Online]. [Online] [Citação: 3 de Dezembro de 2010.]

[http://library.thinkquest.org/27356/p\\_index.htm](http://library.thinkquest.org/27356/p_index.htm). [Online] [Citação: 27 de Janeiro de 2011.]

[http://library.thinkquest.org/27356/p\\_index.htm](http://library.thinkquest.org/27356/p_index.htm). [Online]

<http://members.misty.com/don/f-lamp.html#int0>. [Online] [Citação: 25 de Janeiro de 2011.]

[http://olhandoacor.web.simplesnet.pt/composicao\\_do\\_olho\\_humano.htm](http://olhandoacor.web.simplesnet.pt/composicao_do_olho_humano.htm). [Online]. [Online] [Citação: 11 de Novembro de 2010.]

<http://percepcao.typepad.com/percepcao/2010/08/ip-grau-de-prote%C3%A7%C3%A3o-das-lumin%C3%A1rias.html>. [Online] [Citação: 15 de Fevereiro de 2011.]

[http://preresi.ineti.pt/documentacao/artigos/MMob/14h25\\_-\\_AIMMP.pdf](http://preresi.ineti.pt/documentacao/artigos/MMob/14h25_-_AIMMP.pdf). [Online] [Citação: 21 de Março de 2011.]

<http://professorakira.wordpress.com/2010/07/29/tecnologia-oled/>. [Online] [Citação: 27 de Abril de 2011.]

<http://science.howstuffworks.com/light2htm>. [Online] [Citação: 27 de Janeiro de 2011.]

<http://science.howstuffworks.com/light2htm>. [Online]

<http://suggia.weblog.com.pt/arquivo/253690.html>. [Online] [Citação: 19 de Outubro de 2010.]

<http://tsht01sintra.blogspot.com/2009/10/indices-de-proteccao-ip.html>. [Online] [Citação: 21 de Maio de 2011.]

<http://tsht01sintra.blogspot.com/2009/10/indices-de-proteccao-ip.html>. [Online]

<http://www.adene.pt/NR/rdonlyres/00000091/mguuhfudctkkqrquzccfjwhlwflytafim/Efici%C3%A9nciaenerg%C3%A9ticaequipamentosesistemasel%C3%A9ctricosnosectorresidencial.pdf>. [Online] [Citação: 15 de Maio de 2011.]

<http://www.adene.pt/NR/rdonlyres/00000091/mguuhfudctkkqrquzccfjwhlwflytafim/Efici%C3%A9nciaenerg%C3%A9ticaequipamentosesistemasel%C3%A9ctricosnosectorresidencial.pdf>. [Online]

[http://www.ambicare.com/cgi-bin/servicos.cgi?id\\_menu=6&id=46&lang=pt](http://www.ambicare.com/cgi-bin/servicos.cgi?id_menu=6&id=46&lang=pt). [Online] [Citação: 25 de Janeiro de 2011.]

<http://www.cienciahoje.pt/index.php?oid=34507&op=all>. [Online] [Citação: 8 de Janeiro de 2011.]

<http://www.coachservicos.com.br/terceirizacao/tag/economizar-energia/>. [Online] [Citação: 7 de Março de 2011.]

[http://www.consultecasa.com.br/index.php?option=com\\_content&view=article&id=217:marca-tradicional-do-mercado-de-iluminacao-traz-nova-opcao-em-luminarias-comerciais&catid=4:noticias](http://www.consultecasa.com.br/index.php?option=com_content&view=article&id=217:marca-tradicional-do-mercado-de-iluminacao-traz-nova-opcao-em-luminarias-comerciais&catid=4:noticias). [Online] [Citação: 23 de Abril de 2011.]

<http://www.dicionarioweb.com.br/radioluminesc%C3%A9ncia.html>. [Online] [Citação: 4 de Junho de 2011.]

<http://www.dre.pt/pdf1sdip/1974/12/29901/00010108.PDF>. [Online] [Citação: 24 de Junho de 2011.]

<http://www.eco.edp.pt/pt/particulares/eficiencia-energetica>. [Online] [Citação: 7 de Maio de 2011.]

<http://www.eco.edp.pt/pt/particulares/eficiencia-energetica>. [Online] [Citação: 10 de Junho de 2011.]

<http://www.eco.edp.pt/pt/particulares/eficiencia-energetica>. [Online]

<http://www.eco.edp.pt/pt/particulares/eficiencia-energetica>. [Online]

<http://www.electricol.pt/catalogo.php?categoria=1>. [Online] [Citação: 17 de Abril de 2011.]

<http://www.electricol.pt/catalogo.php?categoria=69>. [Online] [Citação: 17 de Abril de 2011.]

<http://www.electrical.pt/produto.php?id=14>. [Online] [Citação: 15 de Maio de 2011.]

<http://www.electrical.pt/produto.php?id=14>. [Online]

[http://www.eletrica.ufpr.br/mehl/te067/aulas/lampadas\\_interiores.pdf](http://www.eletrica.ufpr.br/mehl/te067/aulas/lampadas_interiores.pdf). [Online] [Citação: 13 de Junho de 2011.]

[http://www.eletrica.ufpr.br/mehl/te067/aulas/lampadas\\_interiores.pdf](http://www.eletrica.ufpr.br/mehl/te067/aulas/lampadas_interiores.pdf). [Online]

<http://www.elwire.com/whatis.html>. [Online] [Citação: 28 de Abril de 2011.]

<http://www.energiaeficiente.com.br/tag/desperdicio/>. [Online] [Citação: 21 de Março de 2011.]

[http://www.engenhariadeinstrumentacao.com.br/downloads/grau\\_de\\_protecao/GRAU\\_DE\\_PROTECAO\\_IP.pdf](http://www.engenhariadeinstrumentacao.com.br/downloads/grau_de_protecao/GRAU_DE_PROTECAO_IP.pdf). [Online] [Citação: 21 de Maio de 2011.]

[http://www.engenhariadeinstrumentacao.com.br/downloads/grau\\_de\\_protecao/GRAU\\_DE\\_PROTECAO\\_IP.pdf](http://www.engenhariadeinstrumentacao.com.br/downloads/grau_de_protecao/GRAU_DE_PROTECAO_IP.pdf). [Online]

[http://www.engineeringtoolbox.com/light-level-rooms-d\\_708.html](http://www.engineeringtoolbox.com/light-level-rooms-d_708.html). [Online] [Citação: 25 de Maio de 2011.]

[http://www.engineeringtoolbox.com/light-level-rooms-d\\_708.html](http://www.engineeringtoolbox.com/light-level-rooms-d_708.html). [Online]

[http://www.estv.ipv.pt/PaginasPessoais/vasco/textos/Fontes\\_Lumin.pdf](http://www.estv.ipv.pt/PaginasPessoais/vasco/textos/Fontes_Lumin.pdf). [Online] [Citação: 7 de Fevereiro de 2011.]

<http://www.fibraotica.com.br/>. [Online] [Citação: 19 de Fevereiro de 2011.]

[http://www.inee.org.br/eficiencia\\_o\\_que\\_eh.asp?Cat=eficiencia](http://www.inee.org.br/eficiencia_o_que_eh.asp?Cat=eficiencia). [Online] [Citação: 10 de Junho de 2011.]

[http://www.inee.org.br/eficiencia\\_o\\_que\\_eh.asp?Cat=eficiencia](http://www.inee.org.br/eficiencia_o_que_eh.asp?Cat=eficiencia). [Online]

<http://www.inovacaotecnologica.com.br/noticias/noticia.php?artigo=lampadas-fluorescentes-compactas-ganham-eficiencia-e-controle-de-brilho&id=010115090429>. [Online] [Citação: 20 de Março de 2011.]

<http://www.lojadosleds.com.pt/E27>. [Online] [Citação: 15 de Maio de 2011.]

<http://www.lojadosleds.com.pt/E27>. [Online]

[http://www.lumearquitetura.com.br/pdf/ed09/ed\\_09\\_Tecnologia.pdf](http://www.lumearquitetura.com.br/pdf/ed09/ed_09_Tecnologia.pdf). [Online] [Citação: 17 de Janeiro de 2011.]

[http://www.lumearquitetura.com.br/pdf/ed09/ed\\_09\\_Tecnologia.pdf](http://www.lumearquitetura.com.br/pdf/ed09/ed_09_Tecnologia.pdf). [Online] [Citação: 17 de Janeiro de 2011.]

[http://www.lumearquitetura.com.br/pdf/ed09/ed\\_09\\_Tecnologia.pdf](http://www.lumearquitetura.com.br/pdf/ed09/ed_09_Tecnologia.pdf). [Online]

[http://www.mauser.pt/catalog/product\\_info.php?products\\_id=54459](http://www.mauser.pt/catalog/product_info.php?products_id=54459). [Online] [Citação: 12 de Março de 2011.]

<http://www.mediacollege.com/lighting/colour/colour-temperature.html>. [Online] [Citação: 12 de Dezembro de 2010.]

<http://www.mediacollege.com/lighting/colour/colour-temperature.html>. [Online] [Citação: 13 de Junho de 2011.]

<http://www.mediacollege.com/lighting/colour/colour-temperature.html>. [Online]

<http://www.meionorte.com/robertofreitas/data/2010-11-11/pg/28>. [Online] [Citação: 20 de Novembro de 2010.]

[http://www.osram.pt/osram\\_pt/Design\\_de\\_Iluminacao/Sobre\\_Iluminacao/Light\\_%26\\_Man/História/index.html](http://www.osram.pt/osram_pt/Design_de_Iluminacao/Sobre_Iluminacao/Light_%26_Man/História/index.html). *www.osram.pt*. [Online] osram. [Citação: 10 de Novembro de 2010.]

<http://www.philips.pt/c/lampadas-economizadoras-de-energia/16552/cat/>. [Online] [Citação: 7 de Março de 2011.]

<http://www.philips.pt/c/lampadas-economizadoras-de-energia/16552/cat/>. [Online] [Citação: 7 de Março de 2011.]

<http://www.philips.pt/c/outro-tipo-de-lampadas/ecohalo-branca-quente-de-28-w-40-w-com-casquilho-g9-872790089366300/prd/>. [Online] [Citação: 28 de Maio de 2011.]

<http://www.philips.pt/c/outro-tipo-de-lampadas/ecohalo-branca-quente-de-28-w-40-w-com-casquilho-g9-872790089366300/prd/>. [Online]

<http://www.portalsaofrancisco.com.br/alfa/luz/luz-2.php>. [Online] [Citação: 25 de Maio de 2011.]

<http://www.portalsaofrancisco.com.br/alfa/luz/luz-2.php>. [Online]

<http://www.poupaeganha.com/de-lampada-em-lampada/>. [Online] [Citação: 20 de Janeiro de 2011.]

<http://www.priberam.pt/dlpo/default.aspx?pal=dosimetria>. [Online]

<http://www.reka.com.br/produtos/teto/ME.05100/>. [Online] [Citação: 19 de Abril de 2011.]

<http://www.sbf1.sbfisica.org.br/eventos/enfmc/xxv/programa/res1023.pdf>. [Online] [Citação: 16 de Dezembro de 2010.]

<http://www.silheriluminacion.com.ar/silher.php?c=pfa>. [Online] [Citação: 23 de Abril de 2011.]

<http://www.slideshare.net/krlosars/osram-manual-luminotcnico-pratico>. *www.slideshare.net*. [Online] slideshare. [Citação: 25 de Maio de 2011.]

<http://www.slideshare.net/krlosars/osram-manual-luminotcnico-pratico>. *www.slideshare.net*. [Online] slideshare. [Citação: 7 de Novembro de 2010.]

<http://www.souzaoliveira.pt/projectos.php?s=549&p=137&rp=310>. [Online] [Citação: 5 de Novembro de 2010.]

<http://www.teatromariavitoria.com/mariavitoria.htm>. [Online] [Citação: 19 de Junho de 2011.]

<http://www.teatromariavitoria.com/mariavitoria.htm>. [Online]

[http://www.templarluz.com/downloads/Catalogo\\_IL\\_EMERG\\_PT\\_Schneider.pdf](http://www.templarluz.com/downloads/Catalogo_IL_EMERG_PT_Schneider.pdf). [Online] [Citação: 24 de Junho de 2011.]

[http://www.uniled.com.br/index.php?option=com\\_content&view=article&id=72&Itemid=75](http://www.uniled.com.br/index.php?option=com_content&view=article&id=72&Itemid=75). [Online] [Citação: 18 de Maio de 2011.]

[http://www.uniled.com.br/index.php?option=com\\_content&view=article&id=72&Itemid=75](http://www.uniled.com.br/index.php?option=com_content&view=article&id=72&Itemid=75). [Online]

<http://www.veterinaria.org/revistas/redvet/n060607/060708.pdf>. [Online]

<http://www.wmfportugal.pt/capitolio.htm>. [www.wmfportugal.pt](http://www.wmfportugal.pt). [Online] [Citação: 15 de Dezembro de 2010.]

[http://www.worldenergyoutlook.org/docs/weo2010/weo2010\\_es\\_portuguese.pdf](http://www.worldenergyoutlook.org/docs/weo2010/weo2010_es_portuguese.pdf). [Online] [Citação: 16 de Maio de 2011.]

[http://www.worldenergyoutlook.org/docs/weo2010/weo2010\\_es\\_portuguese.pdf](http://www.worldenergyoutlook.org/docs/weo2010/weo2010_es_portuguese.pdf). [Online]

<http://www.xn--eficienciaenergetica-owbk.com/eficiencia-energetica/taxa-lampadas-baixa-eficiencia-energetica/>. [Online] [Citação: 9 de Março de 2011.]

<http://www.xn--eficienciaenergetica-owbk.com/eficiencia-energetica/taxa-lampadas-baixa-eficiencia-energetica/>. [Online] [Citação: 9 de Março de 2011.]

<http://www.xn--eficienciaenergetica-owbk.com/eficiencia-energetica/taxa-lampadas-baixa-eficiencia-energetica/>. [Online]

<http://www.yourhome.gov.au/technical/fs63.html>. [Online] [Citação: 21 de Março de 2011.]

[http://www2.ucg.br/cbb/professores/49/Biomedicina/6\\_periodo/Quimioluminescencia.pdf](http://www2.ucg.br/cbb/professores/49/Biomedicina/6_periodo/Quimioluminescencia.pdf). [Online] [Citação: 6 de Junho de 2011.]

*ILR: revista internacional de luminotecnica*. s.l. : Eindhoven: Stichting Promotheus [1981 - 1983].

**ISLA. 2003.** Iluminação no local de trabalho. *Manual Higiene do trabalho*. Lisboa : s.n., 2003.

—. **2003.** Iluminação no local de trabalho. *Manual Higiene no trabalho*. Lisboa : s.n., 2003.

**Karlen, Mark e Benya, James. 2004.** *Lighting Design Basics*. New Jersey : s.n., 2004.

**lee.eng.uerj.** [www.lee.eng.uerj.br/downloads/graduacao/.../Luminotecnica.ppt](http://www.lee.eng.uerj.br/downloads/graduacao/.../Luminotecnica.ppt). [www.lee.eng.uerj.br](http://www.lee.eng.uerj.br). [Online] lee.eng.uerj. [Citação: 5 de Fevereiro de 2011.]

*Luz e Civilização*. **Richard, Lino. 1969.** Estrasburgo : In: Binário: arquitetura, construção, equipamento., 1969. 1º Congresso Europeu de Iluminação. pp. 287-289. 135.

**mediacollege.** <http://www.mediacollege.com/lighting/colour/colour-temperature.html>.  
*www.mediacollege.com.* [Online] mediacollege. [Citação: 15 de Janeiro de 2011.]

**members.misty.com.** <http://members.misty.com/don/f-lamp.html#int0>. *members.misty.com.*  
[Online] [Citação: 10 de Março de 2011.]

**Millet, Marietta S. e Barret, Catherine Jean. 1996.** *Light revealing architecture*. New Jersey : John Wiley & Sons, 1996. 0-471-28644-3.

**Moss, Roger. 1988.** *For Historic Buildings, Lighting*. New York : s.n., 1988.

**Negrão, Albano Zink. 1972.** *O parque Mayer*. Lisboa : Editorial Notícias, 1972.

**Neumann, Dietrich, et al. 2010.** *The Structure of Light: Richard Kelly and the Illumination of Modern Architecture*. Yale : s.n., 2010.

**olhandoacor.** [http://olhandoacor.web.simplesnet.pt/composicao\\_do\\_olho\\_humano.htm](http://olhandoacor.web.simplesnet.pt/composicao_do_olho_humano.htm).  
[Online]. *olhandoacor.web.simplesnet.pt.* [Online] [Citação: 22 de Outubro de 2010.]

**Oliveira, Manuel Jorge. 1997.** *Parque Mayer*. Lisboa : Instituto Português de Fotografia, 1997.

**osram.** [http://br.osram.info/curso\\_luminotecnica/glossario.htm#07](http://br.osram.info/curso_luminotecnica/glossario.htm#07). *br.osram.info.* [Online]  
osram. [Citação: 15 de Setembro de 2010.]

**Osram.** [http://br.osram.info/curso\\_luminotecnica/glossario.htm#07](http://br.osram.info/curso_luminotecnica/glossario.htm#07). [Online] [Citação: 20 de Fevereiro de 2011.]

**osram.**  
[http://www.osram.com/osram\\_com/Lighting\\_Design/About\\_Light/Light\\_%26\\_Man/Perception/index.html](http://www.osram.com/osram_com/Lighting_Design/About_Light/Light_%26_Man/Perception/index.html). *www.osram.com.* [Online] [Citação: 10 de Novembro de 2010.]

**Osram.**  
[http://www.osram.com/osram\\_com/Lighting\\_Design/About\\_Light/Light\\_%26\\_Man/Perception/index.html](http://www.osram.com/osram_com/Lighting_Design/About_Light/Light_%26_Man/Perception/index.html). *www.osram.com.* [Online] [Citação: 18 de Setembro de 2010.]

**osram.**  
[http://www.osram.com/osram\\_com/Lighting\\_Design/About\\_Light/Light\\_%26\\_Man/Physiology/index.html](http://www.osram.com/osram_com/Lighting_Design/About_Light/Light_%26_Man/Physiology/index.html). *www.osram.com.* [Online] [Citação: 10 de Novembro de 2010.]

**Osram.**  
[http://www.osram.com/osram\\_com/Lighting\\_Design/About\\_Light/Light\\_%26\\_Man/Physiology/index.html](http://www.osram.com/osram_com/Lighting_Design/About_Light/Light_%26_Man/Physiology/index.html). *www.osram.com.* [Online] [Citação: 18 de Setembro de 2010.]

—.

[http://www.osram.pt/osram\\_pt/Design\\_de\\_Iluminacao/Sobre\\_Iluminacao/Light\\_%26\\_Man/History/index.html](http://www.osram.pt/osram_pt/Design_de_Iluminacao/Sobre_Iluminacao/Light_%26_Man/History/index.html). *www.osram.pt.* [Online] osram. [Citação: 19 de Setembro de 2010.]

**paginas.fe.up.p.** [http://paginas.fe.up.pt/~fmb/RTDI/LME\\_stroboscopia.pdf](http://paginas.fe.up.pt/~fmb/RTDI/LME_stroboscopia.pdf). *paginas.fe.up.p.* [Online] [Citação: 7 de Abril de 2011.]

**paginas.fe.up.pt.** [http://fmb/RTDI/LME\\_stroboscopia.pdf](http://fmb/RTDI/LME_stroboscopia.pdf). *paginas.fe.up.pt.* [Online] [Citação: 17 de Abril de 2011.]

—. [http://paginas.fe.up.pt/~arminio/proj\\_lumin\\_int/armad\\_ilum\\_int.pdf](http://paginas.fe.up.pt/~arminio/proj_lumin_int/armad_ilum_int.pdf). *paginas.fe.up.pt.* [Online] *paginas.fe.up.pt.* [Citação: 20 de Fevereiro de 2011.]

—. [http://paginas.fe.up.pt/~arminio/proj\\_lumin\\_int/armad\\_ilum\\_int.pdf](http://paginas.fe.up.pt/~arminio/proj_lumin_int/armad_ilum_int.pdf). *paginas.fe.up.pt.* [Online] [Citação: 15 de Abril de 2011.]

**percepcao.typepad.com.** <http://percepcao.typepad.com/percepcao/2010/08/ip-grau-de-prote%C3%A7%C3%A3o-das-lumin%C3%A1rias.html>. *percepcao.typepad.com.* [Online] *percepcao.typepad.com.* [Citação: 15 de Fevereiro de 2011.]

—. <http://percepcao.typepad.com/percepcao/2010/08/ip-grau-de-prote%C3%A7%C3%A3o-das-lumin%C3%A1rias.html>. *percepcao.typepad.com.* [Online] *percepcao.typepad.com.* [Citação: 7 de Janeiro de 2011.]

**Portaria n.º 1532/2008, de 29 de Dezembro.** Portaria n.º 1532/2008, de 29 de Dezembro.

**Portas, Nuno. 1973.** *Evolução da Arquitectura Moderna em Portugal: uma Interpretação. História da Arquitectura Moderna.* Lisboa : s.n., 1973, Vol. II Volume.

**preresi.ineti.p.** [http://preresi.ineti.pt/documentacao/artigos/MMob/14h25\\_-\\_AIMMP.pdf](http://preresi.ineti.pt/documentacao/artigos/MMob/14h25_-_AIMMP.pdf). *preresi.ineti.p.* [Online] *preresi.ineti.p.* [Citação: 5 de Maio de 2011.]

**professorakira.wordpress.com.** <http://professorakira.wordpress.com/2010/07/29/tecnologia-oled/>. *professorakira.wordpress.com.* [Online] [Citação: 12 de Maio de 2011.]

**2010.** *Relux Suite.* 2010.

**Ribeiro, M. Félix. 1978.** *Os mais antigos cinemas de Lisboa 1896-1939, Inst. Português de Cinema.* Lisboa : Cinemateca Nacional, 1978.

**Rudolfo, João de Sousa. 2002.** *Luís Cristino da Silva e a arquitectura moderna em Portugal.* Lisboa : Publicações D.Quixote, 2002.

**Russel, Sage. 2008.** *The Architecture of Light: Architectural Lighting Design Concepts and Techniques.* San Diego : s.n., 2008.

**Sacarrão, Germano da Fonseca. 1982.** *A Ecologia da luz e da vida.* 2ª Edição. s.l. : Lisboa: Secretaria de Estado do Urbanismo e Ambiente, 1982.

*Seminário São Paulo Light Show . Senzi, Neide. 2003.* São Paulo : Revista Projecto Design, 2003.

**Serroni, J. C. 2002.** *Teatros: uma memória do espaço cénico no Brasil .* São Paulo : Senac, 2002. 85-7359-249-4.

**Silva, C. & Martins, R. 1996.** Nova teoria sobre luz e cores: uma tradução comentada. *Nova teoria sobre luz e cores: uma tradução comentada*. s.l. : Revista Brasileira de Ensino de Física 18(4): 313-27, 1996.

**Speirs, Jonathan, Anthony, Tischhauser e Major, Mark. 2005.** *Made of Light: The Art of Light and Architecture*. Boston : s.n., 2005.

**suggia.weblog.com.p.** <http://suggia.weblog.com.pt/arquivo/253690.html>.  
*suggia.weblog.com.p.* [Online] *suggia.weblog.com.p.* [Citação: 15 de Maio de 2011.]

**Vergés, Mireia. 2008.** *Light in Architecture*. Barcelona : s.n., 2008.

**Winchip, S. M. 2008.** *Fundamentals of Lighting*. Fairchild : s.n., 2008.

**www.ambicare.com.** [http://www.ambicare.com/cgi-bin/servicos.cgi?id\\_menu=6&id=46&lang=pt](http://www.ambicare.com/cgi-bin/servicos.cgi?id_menu=6&id=46&lang=pt). *www.ambicare.com.* [Online] [Citação: 13 de Maio de 2011.]

**www.archdaily.com.** <http://www.archdaily.com/108538/ad-classics-berlin-philharmonic-hans-scharoun/>. *www.archdaily.com.* [Online] *www.archdaily.com.* [Citação: 9 de Dezembro de 2011.]

**www.ci.berkeley.ca.us.** <http://www.ci.berkeley.ca.us/ContentPrint.aspx?id=24288>.  
*www.ci.berkeley.ca.us.* [Online] [Citação: 26 de Maio de 2011.]

**www.cienciahoje.pt.** <http://www.cienciahoje.pt/index.php?oid=34507&op=all>.  
*www.cienciahoje.pt.* [Online] *www.cienciahoje.pt.* [Citação: 26 de Outubro de 2010.]

**www.coachservicos.com.br.** <http://www.coachservicos.com.br/terceirizacao/tag/economizar-energia/>. *www.coachservicos.com.br.* [Online] *www.coachservicos.com.br.* [Citação: 27 de Maio de 2011.]

**www.consultecasa.com.br.**  
[http://www.consultecasa.com.br/index.php?option=com\\_content&view=article&id=217:marca-tradicional-do-mercado-de-iluminacao-traz-nova-opcao-em-luminarias-comerciais&catid=4:noticias](http://www.consultecasa.com.br/index.php?option=com_content&view=article&id=217:marca-tradicional-do-mercado-de-iluminacao-traz-nova-opcao-em-luminarias-comerciais&catid=4:noticias). *www.consultecasa.com.br.* [Online] [Citação: 23 de Maio de 2011.]

**www.dicionarioweb.com.br.**  
<http://www.dicionarioweb.com.br/radioluminesc%C3%Aancia.html>.  
*www.dicionarioweb.com.br.* [Online] [Citação: 5 de Janeiro de 2011.]

*www.ecat.lighting.philips.com.* [Online] [Citação: 17 de Dezembro de 2010.]

*www.ecat.lighting.philips.com.* [Online]

**www.electrical.pt.** <http://www.electrical.pt/catalogo.php?categoria=1>. *www.electrical.pt.* [Online] [Citação: 10 de Janeiro de 2011.]



—. <http://www.electricol.pt/catalogo.php?categoria=69>. *www.electricol.pt*. [Online] [Citação: 10 de Janeiro de 2011.]

**www.elwire.com**. <http://www.elwire.com/whatis.html>. *www.elwire.com*. [Online] [Citação: 4 de Junho de 2011.]

**www.energiaeficiente.com.br**. <http://www.energiaeficiente.com.br/tag/desperdicio/>. *www.energiaeficiente.com.br*. [Online] *www.energiaeficiente.com.br*. [Citação: 28 de Maio de 2011.]

**www.estv.ipv.pt**. [http://www.estv.ipv.pt/PaginasPessoais/vasco/textos/Fontes\\_Lumin.pdf](http://www.estv.ipv.pt/PaginasPessoais/vasco/textos/Fontes_Lumin.pdf). *www.estv.ipv.pt*. [Online] [Citação: 15 de Maio de 2011.]

**www.fibraotica.com.br**. <http://www.fibraotica.com.br/>. *www.fibraotica.com.br*. [Online] [Citação: 6 de Junho de 2011.]

**www.inovacaotecnologica.com.br**.  
<http://www.inovacaotecnologica.com.br/noticias/noticia.php?artigo=lampadas-fluorescentes-compactas-ganham-eficiencia-e-controle-de-brilho&id=010115090429>.  
*www.inovacaotecnologica.com.br*. [Online] *www.inovacaotecnologica.com.br*. [Citação: 6 de Junho de 2011.]

[www.lee.eng.uerj.br/downloads/graduacao/.../Luminotecnica.ppt](http://www.lee.eng.uerj.br/downloads/graduacao/.../Luminotecnica.ppt). [Online] [Citação: 7 de Abril de 2011.]

[www.lee.eng.uerj.br/downloads/graduacao/.../Luminotecnica.ppt](http://www.lee.eng.uerj.br/downloads/graduacao/.../Luminotecnica.ppt). [Online] [Citação: 6 de Abril de 2011.]

[www.lighting.philips.com](http://www.lighting.philips.com). *Philips*. [Online] [Citação: 20 de Novembro de 2010.]

[www.lighting.philips.com](http://www.lighting.philips.com). *Philips*. [Online]

**www.lighting.philips.pt**.  
[http://www.lighting.philips.pt/projects/guillotiere\\_bridge.wpd?AppId={3C0C1DD5-BDD9-4AFE-814C-AFC1C605570F}](http://www.lighting.philips.pt/projects/guillotiere_bridge.wpd?AppId={3C0C1DD5-BDD9-4AFE-814C-AFC1C605570F}). *www.lighting.philips.pt*. [Online] [Citação: 27 de Junho de 2011.]

[www.lightingtextbook.com](http://www.lightingtextbook.com). [Online] [Citação: 20 de Fevereiro de 2011.]

[www.lightingtextbook.com](http://www.lightingtextbook.com). [Online]

**www.lumearquitetura.com.br**.  
[http://www.lumearquitetura.com.br/pdf/ed09/ed\\_09\\_Tecnologia.pdf](http://www.lumearquitetura.com.br/pdf/ed09/ed_09_Tecnologia.pdf).  
*www.lumearquitetura.com.br*. [Online] *www.lumearquitetura.com.br*. [Citação: 13 de Maio de 2011.]

**www.mauser.pt**. [http://www.mauser.pt/catalog/product\\_info.php?products\\_id=54459](http://www.mauser.pt/catalog/product_info.php?products_id=54459).  
*www.mauser.pt*. [Online] *www.mauser.pt*. [Citação: 12 de Janeiro de 2011.]

**www.meionorte.com**. <http://www.meionorte.com/robertofreitas/data/2010-11-11/pg/28>.  
*www.meionorte.com*. [Online] [Citação: 20 de Janeiro de 2011.]

[www.osram.com](http://www.osram.com). *www.osram.com*. [Online] osram. [Citação: 20 de Setembro de 2010.]

[www.osram.com](http://www.osram.com). *www.osram.com*. [Online] osram. [Citação: 20 de Setembro de 2010.]

**www.philips.pt.** <http://www.philips.pt/c/lampadas-economizadoras-de-energia/16552/cat/>.  
*www.philips.pt*. [Online] [Citação: 20 de Setembro de 2010.]

—. <http://www.philips.pt/c/lampadas-economizadoras-de-energia/16552/cat/>.  
*www.philips.pt*. [Online] *www.philips.pt*. [Citação: 5 de Novembro de 2010.]

**www.portalsaofrancisco.com.br.**

<http://www.portalsaofrancisco.com.br/alfa/iluminacao/iluminacao-6.php>.  
*www.portalsaofrancisco.com.br*. [Online] *www.portalsaofrancisco.com.br*. [Citação: 12 de Janeiro de 2011.]

**www.poupaeganha.com.** <http://www.poupaeganha.com/de-lampada-em-lampada/>.  
*www.poupaeganha.com*. [Online] *www.poupaeganha.com*. [Citação: 22 de Março de 2011.]

**www.praticandofisica.com.br.** <http://www.praticandofisica.com.br/pf-explica/lampadas.htm>.  
*www.praticandofisica.com.br*. [Online] [Citação: 14 de Junho de 2011.]

**www.priberam.pt.** <http://www.priberam.pt/dlpo/default.aspx?pal=dosimetria>.  
*www.priberam.pt*. [Online] [Citação: 15 de Abril de 2011.]

**www.prof2000.pt.** [/users/lpa/Luminotecnia.pp](http://www.prof2000.pt/users/lpa/Luminotecnia.pp). *www.prof2000.pt*. [Online] *www.prof2000.pt*.

—. [www.prof2000.pt/users/lpa/Luminotecnia.pp](http://www.prof2000.pt/users/lpa/Luminotecnia.pp). *www.prof2000.pt*. [Online] [Citação: 15 de Janeiro de 2011.]

**www.reka.com.br.** <http://www.reka.com.br/produtos/teto/ME.05100/>. *www.reka.com.br*.  
[Online] [Citação: 22 de Janeiro de 2011.]

**www.sbf1.sbfisica.org.br.**

<http://www.sbf1.sbfisica.org.br/eventos/enfmc/xxv/programa/res1023.pdf>.  
*www.sbf1.sbfisica.org.br*. [Online] [Citação: 12 de Fevereiro de 2011.]

**www.silheriluminacion.com.ar.** <http://www.silheriluminacion.com.ar/silher.php?c=pfa>.  
*www.silheriluminacion.com.ar*. [Online] [Citação: 27 de Janeiro de 2011.]

**www.templarluz.com.**

[http://www.templarluz.com/downloads/Catalogo\\_IL\\_EMERG\\_PT\\_Schneider.pdf](http://www.templarluz.com/downloads/Catalogo_IL_EMERG_PT_Schneider.pdf).  
*www.templarluz.com*. [Online] [Citação: 11 de Março de 2011.]

**www.veterinaria.org.** <http://www.veterinaria.org/revistas/redvet/n060607/060708.pdf>.  
*www.veterinaria.org*. [Online] [Citação: 6 de Maio de 2011.]

**www.xn--eficienciaenergtica-owbk.com.** <http://www.xn--eficienciaenergtica-owbk.com/eficiencia-energetica/taxa-lampadas-baixa-eficiencia-energetica/>. *www.xn--eficienciaenergtica-owbk.com*. [Online] *www.xn--eficienciaenergtica-owbk.com*. [Citação: 10 de Junho de 2011.]

**www.yourhome.gov.au.** <http://www.yourhome.gov.au/technical/fs63.html>.

*www.yourhome.gov.au.* [Online] *www.yourhome.gov.au.* [Citação: 2 de Junho de 2011.]

**www2.ucg.br/cbb/professores.**

[http://www2.ucg.br/cbb/professores/49/Biomedicina/6\\_perodo/Quimioluminescencia.pdf](http://www2.ucg.br/cbb/professores/49/Biomedicina/6_perodo/Quimioluminescencia.pdf).

*www2.ucg.br/cbb/professores.* [Online] [Citação: 13 de Junho de 2011.]

Mestranda: Joana Correia Soares

Título: Arquitectura e Luz, Estratégias de Iluminação – Teatro Capitólio

Número de palavras: 24.200

Local: FAUTL

Data: Lisboa, Dezembro, 2011

## **Desenhos Técnicos**